

**Universidade de Lisboa**



**As potencialidades educativas de exercícios de tomada de decisão no  
ensino do vulcanismo – um estudo com alunos do 10.º ano**

ANA PATRÍCIA DOS SANTOS ABRANTES

Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia

Relatório da Prática de Ensino Supervisionada orientado pelo

Professor Doutor Pedro Guilherme Rocha dos Reis

2020



## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer aos alunos da turma onde realizei a minha intervenção. Lembrar-me-ei sempre do entusiasmo com que levantavam a mão para fazer perguntas, da vossa euforia a cada nova temática e do empenho em todas as atividades. Espero que tenham aprendido comigo porque eu aprendi imenso com todos vós. Serão sempre os meus primeiros alunos e espero que alcancem tudo o que desejam!

À professora Fátima que se mostrou sempre disponível para me ajudar ao longo deste ano, dando-me a liberdade para concretizar as minhas ideias. Ao longo do ano aprendi imenso consigo, através da partilha de conhecimentos e de experiências. Recordarei sempre as suas aulas com um lugar onde o entusiasmo pela Biologia e Geologia era transmitido aos alunos (e a mim!). Muito obrigado por tudo. Foi fundamental para a concretização deste trabalho! Será para mim um modelo a seguir.

Agradeço ao professor orientador Doutor Pedro Reis pela orientação, pela troca de conhecimentos, pelas correções realizadas, pelos livros e artigos partilhados e por me mostrar o quão fascinante era o meu tema. Foi essencial para a realização deste trabalho, especialmente quando duvidei se seria possível concretizá-lo a distância.

À minha orientadora científica e professora Doutora Carla Kullberg. Foi tão especial este ano com a sua orientação. Todas as reuniões eram impressionantes e aprendi imenso consigo. A forma como explora a geologia é para mim uma inspiração! Espero um dia conseguir relacionar todos os conteúdos como a professora o faz! O acompanhamento constante durante as aulas foi essencial para aprender ainda mais e para transmitir da melhor forma a geologia aos alunos.

A todos os professores do Mestrado em Ensino que estiveram sempre presentes ao longo deste percurso. Um agradecimento à professora Doutora Isabel Chagas que nos permitiu imaginar e criar estratégias apesar de, por vezes, ambiciosas! À professora Doutora Cecília Galvão pelo acompanhamento constante ao longo deste ano e pela atenção especial numa altura em que todos precisávamos de uma frase de incentivo. À professora Doutora Paula Guimarães que tornou as manhãs de quintas-feiras nos momentos mais esperados da semana. Aprendi imenso consigo e todos os valores humanísticos transmitidos foram e serão essenciais para todo o meu percurso (não só profissional). Um especial agradecimento à professora Doutora Cláudia Faria que me orientou durante as investigações no primeiro ano do mestrado e me mostrou o quão importante é a investigação em educação.

Agradeço a todos os meus colegas do mestrado, em especial ao Leonardo, ao Pedro, à Sónia e à Adriana. Crescemos muito juntos e a partir da nossa experiência aprendi que a cooperação entre colegas, a reflexão das aulas e a partilha constitui um momento importante na vida de um professor. Serão excelentes professores!

À Beatriz, à Catarina e à Joana que sempre tornaram tudo mais fácil e me apoiaram ao longo de todos estes anos.

À minha mãe Celeste que me apoiou em tudo. És especial e a melhor do universo!

À minha irmã Elisa e ao meu sobrinho Mike que foi a minha primeira cobaia neste estudo (decidiu manter a população na região de Chã das Caldeiras) e ainda fez um desenho magnífico da ilha do Fogo! És um artista!

Ao meu namorado Bernardo que será sempre a minha maior inspiração e apoio.

Obrigado!



## Resumo

A educação em ciências deve promover a literacia científica para todos os alunos. A exploração de exercícios de tomada de decisão, onde os alunos pensam criticamente sobre as relações CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), permite a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades e atitudes importantes para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos.

Neste estudo investigaram-se as potencialidades educativas de um exercício de tomada de decisão no ensino do vulcanismo. O exercício focou-se no estudo da ocupação antrópica de uma região de elevado risco vulcânico na ilha do Fogo, Cabo Verde. Participaram no estudo 25 alunos do 10.º ano de uma escola de Odivelas, sendo que a intervenção foi realizada a distância devido à pandemia de Covid-19.

Para analisar as potencialidades educativas desta estratégia foi adotada uma abordagem qualitativa segundo um paradigma interpretativo. Os dados foram recolhidos através de questionários, da análise documental e da observação com o intuito de identificar os conhecimentos construídos pelos alunos, as capacidades e atitudes desenvolvidas, as dimensões mobilizadas para a tomada de decisão, a opinião sobre a estratégia adotada e as dificuldades sentidas. Na fase de pré-exercício de tomada de decisão realizaram-se sessões síncronas com *PowerPoint*, uma atividade experimental e uma atividade no *Google Earth Pro*. Na fase de exercício de tomada de decisão foi realizada uma atividade de exploração no *Google Earth*, uma atividade de análise de mapas de perigosidade e uma atividade de investigação sobre a ilha do Fogo (fase pré-decisão). Posteriormente, os alunos tomaram a decisão e estruturaram argumentos (fase decisão). Por fim, os alunos gravaram *podcasts* e realizou-se a discussão da controvérsia sociocientífica (fase pós-decisão).

Os resultados evidenciam que o exercício de tomada de decisão tem potencial educativo pois permitiu a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades e atitudes importantes no âmbito das aprendizagens essenciais. Além disso, os alunos foram capazes de integrar diferentes dimensões na tomada de decisão. Os alunos gostaram da tarefa e destacaram o facto de desenvolverem conhecimentos, através de experiências diferentes dos trabalhos habituais e de terem trabalhado em grupo. Porém, alguns alunos sentiram dificuldade em trabalhar em grupo, em concretizar as atividades no tempo disponível e em momentos específicos. Em estudos futuros, estas dificuldades podem ser atenuadas com as devidas reformulações a este exercício de tomada de decisão.

Palavras-chave: Exercícios de tomada de decisão; Controvérsias sociocientíficas; Trabalho em grupo; Vulcanismo; Construção de conhecimentos substantivos e epistemológicos; Desenvolvimento de capacidades e atitudes.

## **Abstract**

Science education must promote scientific literacy for all students. The exploitation of decision-making exercises, where students think critically about STSE relationships (Science, Technology, Society and Environment), allows the construction of knowledge, the development of skills and attitudes that are important for the development of the student's scientific literacy.

In this study we investigated the educational potential of a decision-making exercise in the teaching of volcanism. The decision-making exercise focused on the study of the anthropogenic occupation of a region with high volcanic risk at Fogo Island, Cape Verde. 25 students from the 10<sup>th</sup> scholar year of a school located at Odivelas participated in this investigation. Due to the Covid-19 pandemic, the intervention was performed in an emergency remote teaching context.

The educational potentialities of this strategy were analysed following a qualitative approach with basis on an interpretive paradigm. Data was collected using questionnaires, document analyses and observation in order to identify the knowledge built by students, the skills and attitudes developed, the dimensions mobilized for the decision-making, the feedback on the adopted strategy and the difficulties felt. At the pre-decision-making exercise phase, it was performed several synchronous sessions using *PowerPoint*, an experimental activity and an activity using *Google Earth Pro*. At the decision-making phase, it was performed an activity exploiting *Google Earth*, a hazard map analysis activity, and a research activity on Fogo Island (pre-decision phase). Then, students made the decision and structured arguments (decision phase). Finally, students recorded podcasts and there was a discussion of the socioscientific issue (post-decision phase).

Results show that the decision-making exercise has the educational potential required for the knowledge building and development of skills and attitudes that are important for the essential learning context in the unit of volcanism. Moreover, students were able to integrate different dimensions in the decision-making. Students gave positive feedback at the distinct tasks and highlighted the development of knowledge through innovative experiences and group work. However, few students felt difficulty working in a group and to complete tasks at the given time. In future studies, these difficulties can be mitigated with the necessary reformulations to this decision-making exercise.

Keywords: Decision-making exercises; Socioscientific issues; Group work; Volcanism; Construction of substantive and epistemological knowledge; Skills and attitudes development.

## Índice

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract .....	vi
Índice de quadros .....	xviii
I. Introdução .....	1
II. Enquadramento Teórico.....	3
1. Educação em Ciências e Cidadania .....	3
2. Trabalho em Grupo .....	5
3. Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente.....	8
3.1. Controvérsias Sociocientíficas .....	9
3.2. Exercícios de Tomada de Decisão .....	12
4. Google Earth .....	14
5. Podcasts.....	15
III. Unidade de ensino: Vulcanismo .....	17
1. Enquadramento científico - Vulcanismo .....	17
1.1. Introdução .....	17
1.2. Formação do Magma.....	18
1.3. Vulcanismo .....	22
1.4. Vulcanismo e as placas tectónicas .....	33
1.5. Minimização de Riscos Vulcânicos – Monitorização e Prevenção .....	39
1.6. Caso de estudo – Vulcanismo da ilha do Fogo, Cabo Verde.....	41
2. Enquadramento Curricular da Unidade Didática .....	49
3. Intervenção Didática .....	51
3.1. Ensino Remoto de Emergência .....	51
3.2. Organização da Intervenção .....	54
3.3. Concepções alternativas dos alunos sobre o vulcanismo .....	56
3.4. Estratégias de Ensino .....	57
3.4.1. Fase Pré-Exercício de Tomada de Decisão.....	57

3.4.2. Fase Exercício de Tomada de Decisão.....	60
3.5. Avaliação e Momentos de Avaliação.....	67
3.6. Descrição da intervenção .....	70
IV. Métodos e Procedimentos .....	95
1. Tipo de Estudo .....	95
2. Instrumentos de Recolha de Dados .....	95
3. Descrição da Metodologia de Análise Específica.....	97
3.1. Que dimensões (científica, social e/ou emotiva) integram os alunos durante a tomada de decisão?.....	97
4. Site da Intervenção – Vulcanismo 10.....	98
5. Caracterização dos Participantes.....	99
5.1. Caracterização da Escola.....	99
5.2. Caracterização da Turma.....	100
6. Questões Éticas .....	102
V. Apresentação e análise de dados.....	103
1. Conceções alternativas dos alunos sobre o vulcanismo.....	103
1.1. Identificação das principais conceções dos alunos .....	105
2. Que conhecimentos desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?.....	114
2.1. Que conhecimentos desenvolvem os alunos na fase de pré-decisão? 114	
2.2. Que conhecimentos desenvolvem os alunos na fase de decisão? .....	117
2.3. Que conhecimentos desenvolvem os alunos na fase de pós-decisão? 120	
3. Que capacidades desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?.....	123
3.1. Que capacidades desenvolvem os alunos na fase de pré-decisão? ....	123
3.2. Que capacidades desenvolvem os alunos na fase de decisão? .....	126
3.3. Que capacidades desenvolvem os alunos na fase de pós-decisão? ....	127
4. Que atitudes desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão? .....	129

4.1.	Que atitudes desenvolvem os alunos na fase de pré-decisão? .....	129
4.2.	Que atitudes desenvolvem os alunos na fase de decisão?.....	132
4.3.	Que atitudes desenvolvem os alunos na fase de pós-decisão?.....	134
5.	Que dimensões (científica, social e/ou emotiva) integram os alunos durante a tomada de decisão? .....	137
5.1.	Identificação das dimensões (científica, social e/ou emotiva) que os alunos integram durante a tomada de decisão .....	138
6.	Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante este exercício de tomada de decisão? .....	142
6.1.	Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante a fase de pré-decisão?.....	142
6.2.	Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante a fase de decisão?147	
6.3.	Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante a fase de pós-decisão? .....	150
6.4.	Qual a apreciação geral dos alunos sobre este exercício de tomada de decisão?155	
VI.	Considerações Finais .....	161
1.	Conclusão.....	161
2.	Estudos Futuros.....	165
VII.	Referências.....	167
VIII.	Apêndices .....	175
	Apêndice A.....	176
	Apêndice A1 – Planificação aula 1 .....	176
	Apêndice A2 – Planificação aula 2 e 3 .....	177
	Apêndice A3 – Planificação aula 4 .....	178
	Apêndice A4 – Planificação aula 5 e 6 .....	179
	Apêndice A5 – Planificação aula 7 e 8 .....	180
	Apêndice A6 – Planificação aula 9, 10, 11 e 12 .....	181

Apêndice A7 – Planificação aula 13 .....	182
Apêndice A8 – Planificação aula 14 .....	183
Apêndice A9 – Planificação aula 15, 16 e 17 .....	184
Apêndice A10 – Planificação aula 18 .....	185
Apêndice B.....	186
<i>Site</i> construído para a intervenção.....	186
Apêndice C.....	189
Questionário diagnóstico.....	189
Apêndice D.....	191
Exemplo de um <i>PowerPoint</i> .....	191
Apêndice E.....	196
Ficha formativa: vulcanismo.....	196
Apêndice F .....	200
Ficha atividade experimental sobre a viscosidade da lava.....	200
Apêndice G.....	203
Guião com as orientações para o relatório .....	203
Apêndice H.....	204
Guião de utilização do <i>Google Earth Pro</i> .....	204
Apêndice I.....	212
Ficha atividade <i>Google Earth Pro</i> : estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon .....	212
Apêndice J.....	216
Ficha do exercício de tomada de decisão.....	216
Apêndice L.....	229
Guião de utilização do <i>Google Earth Online</i> .....	229
Apêndice M.....	236
Questionário pré-exercício de tomada de decisão.....	236



Apêndice N.....	237
Guião de como criar um <i>podcast</i> .....	237
Apêndice O.....	245
Grelha de avaliação: atividade experimental sobre a viscosidade da lava.....	245
Critérios de avaliação – Atividade experimental sobre viscosidade da “lava” .....	245
Apêndice P .....	247
Grelha de avaliação atividade 1: Exploração virtual da ilha do Fogo, Cabo Verde no <i>Google Earth</i> .....	247
Apêndice Q.....	248
Grelha de avaliação atividade 3: Investigação e síntese do especialista .....	248
Apêndice R.....	250
Grelha de avaliação atividade 4: Tomada de decisão .....	250
Apêndice S .....	251
Grelha de avaliação atividade 5: <i>Podcasts</i> .....	251
Apêndice T .....	253
Grelha de avaliação atividade 6: Discussão da controvérsia sociocientífica ...	253
Apêndice U.....	255
Pesos das atividades do exercício de tomada de decisão .....	255
Apêndice V.....	257
Resultados do questionário sobre o acesso a recursos digitais .....	257
Apêndice X.....	259
Questionário final da intervenção .....	259
Apêndice Z.....	263
Ficha de auto- e heteroavaliação .....	263

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Zonamento do interior da Terra de acordo com os seus constituintes químicos. Modelo químico da estrutura interna da Terra (retirado de Dias, 2019, p. 28). .....	18
<b>Figura 2.</b> Zonamento do interior da Terra de acordo com o comportamento físico dos materiais. Modelo físico da estrutura interna da Terra (retirado de Dias, 2019, p. 29). .....	18
<b>Figura 3.</b> Diagrama de Pressão-Temperatura para a fusão parcial ou total do manto. (retirado de Dias, 2019, p. 316).....	19
<b>Figura 4.</b> Diagrama de Pressão-Temperatura. (A) Fusão por aumento de temperatura a pressão constante (pT) ou por descompressão a temperatura constante (pP). (B) Fusão por deslocamento das curvas solidus e liquidus devido à adição de voláteis (retirado de Dias, 2019, p. 318).....	20
<b>Figura 5.</b> Fusão por adição de voláteis. A subducção da placa oceânica permite a libertação de voláteis para a astenosfera (retirado de Marshak, 2007, p.144). .....	21
<b>Figura 6.</b> Mecanismo de formação de magma por transferência de calor. O aumento do gradiente geotérmico local leva à fusão parcial das rochas circundantes (retirado de Nelson, 2015a, p.5). .....	21
<b>Figura 7.</b> (a) Lava pahoehoe e aa e (b) lavas em almofada (b) (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, pp. 308-309). .....	24
<b>Figura 8.</b> (a) Agulha vulcânica Shiprock no Novo México (USA) (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 316); (b) Domo vulcânico no vulcão de Colima (México) (retirado de Calder, Lavallée, Kendrick & Bernstein, 2015, p.346). .....	25
<b>Figura 9.</b> a) Nuvem de gás e de cinzas formada a 17 de abril de 2010 durante a erupção do vulcão Eyjafjallajökull (Islândia). As partículas de menores dimensões foram dispersas pelo vento e afetaram a Europa. b) Nuvem de gás e de cinzas com uma altura de aproximadamente 5-7 km. c) Lapilli acrecionário resultado da consolidação de cinzas vulcânicas e gelo formados na nuvem de gás e de cinzas com um diâmetro de 2-6 mm. (retirado de Langmann, Folch, Hensch & Matthias, 2012, p.2).....	26
<b>Figura 10.</b> Vulcão Mt. Fuji no Japão (retirado de Silva & Lindsay, 2015, p. 274). .	27
<b>Figura 11.</b> Esquema de um vulcão (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 306). .....	28

<b>Figura 12.</b> Vulcão-escudo Mauna Loa na Ilha do Havaí, EUA (retirado de NPS, 2020). .....	29
<b>Figura 13.</b> Topografia do vulcão Mount St. Helens (EUA) antes e depois da erupção de 1980. Esta erupção violenta destruiu parte do flanco norte do aparelho vulcânico (retirado de USGS, 2014). .....	30
<b>Figura 14.</b> Caldeira vulcânica esta estrutura forma-se após o esvaziamento total ou parcial da câmara magmática e consequente colapso do cone vulcânico (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 314). .....	30
<b>Figura 15.</b> Caldeira Cerro Galan na Argentina (retirado de Silva & Lindsay, 2015, p. 288). .....	31
<b>Figura 16.</b> Planalto de Decão, Índia. Este planalto é formado por mais de 2000 m de fluxos de lava basáltica que cobre mais de 500.000 km <sup>2</sup> (retirado de Silva & Lindsay, 2015, p. 294). .....	31
<b>Figura 17.</b> (a) Fumarola com depósitos de enxofre perto do vulcão Merapi, Indonésia; (b) Géiser no Parque Nacional de Yellowstone, EUA (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 319); (c) Nascente termal Lagoa Azul, Islândia (adaptado de Erfurt-Cooper, Sigurdsson & Lopes, 2015, p. 1302). .....	32
<b>Figura 18.</b> Distribuição das placas tectónicas e os seus limites (retirado de Dias, 2019, p. 125). .....	33
<b>Figura 19.</b> Localização dos vulcões ativos no planeta Terra. Estão apenas representados os vulcões que ocorrem acima do oceano (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 321). .....	34
<b>Figura 20.</b> (a) Distribuição dos vulcões nos limites de placas tectónicas; (b) Proporção de magma e tefra libertados nos limites de placas tectónicas (retirado de Siebert, Cottrell, Venzke & Andrews, 2015, p. 242). .....	35
<b>Figura 22.</b> Representação de limites convergentes e divergentes de acordo com a Teoria da Tectónica de Placas. (a) Zona de convergência de duas placas oceânicas com a formação de uma zona de subducção e de um arco vulcânico; (b) Zona de divergência de duas placas oceânicas e formação de um rifte; (c) Zona de convergência de uma placa oceânica e de uma placa continental com a formação de uma zona de subducção e de um arco vulcânico continental; (d) Zona de divergência de duas placas continentais com a formação de um rifte continental (retirado de Dias, 2019, p. 32). .....	35

<b>Figura 21.</b> Formações vulcânicas de acordo com os ambientes tectónicos (retirado de Dias, 2019, p. 340). .....	35
<b>Figura 23.</b> Vulcanismo numa zona de subducção com a formação de magma através da fusão parcial por adição de voláteis. Este tipo de vulcanismo pode ocorrer (a) em limites convergentes entre uma placa oceânica e uma placa continental ou (b) entre duas placas oceânicas (retirado de Nelson, 2015b, p. 17). .....	36
<b>Figura 24.</b> (a) Dorsal Médio Oceânica. Esta dorsal atravessa a Islândia, onde também existe um hot spot (b) Rifte Africano. Nesta região o continente Africano está a ser dividido devido a forças distensivas (retirado de Nelson, 2015b, p. 16). .....	37
<b>Figura 25.</b> Vulcanismo intraplaca. Mecanismo de formação de uma cadeia linear de vulcões devido ao movimento de uma placa tectónica sobre um hot spot estacionário (retirado de Dias, 2019, p.128). .....	38
<b>Figura 26.</b> Evolução de uma ilha vulcânica localizada inicialmente sobre um hot spot. À medida que a placa tectónica se desloca a ilha deixa de ser vulcanicamente ativa passando pelo estado de atol, monte submarino e guyot (retirado de Staudigel & Koppers, 2015, p. 420). .....	38
<b>Figura 27.</b> Percentagem de fatalidades associadas aos perigos vulcânicos (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, 327). .....	39
<b>Figura 28.</b> Ilustração de alguns perigos vulcânicos associados às erupções vulcânicas (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 327). .....	40
<b>Figura 29.</b> Mapa do arquipélago de Cabo Verde com a representação do relevo das diferentes ilhas. A partir da análise do mapa verifica-se que as ilhas a Oeste apresentam maior relevo que as ilhas a Este (retirado de Ramalho, 2011, p. 15). .....	42
<b>Figura 30.</b> Modelo explicativo para a elevação da região do arquipélago de Cabo Verde (retirado de Ramalho, 2011, p. 204). .....	43
<b>Figura 31.</b> (a) Mapa da ilha do Fogo: com a indicação da região de Chã das Caldeiras, do Pico do Fogo, do Pico Pequeno, da Bordeira, da capital São Filipe e das zonas habitacionais na ilha. (b) Localização geográfica da ilha do Fogo no arquipélago de Cabo Verde; (c) Perfil de elevação entre os pontos A-A': o Pico do Fogo atinge a altitude máxima de 2829 m (retirado de Richter et al., 2016, p. 1927). .....	44
<b>Figura 32.</b> Hipóteses para o colapso do flanco este do vulcão Monte-Amarelo (retirado de Martínez-Moreno et al., 2018, p. 153). .....	45

<b>Figura 33.</b> Destruição das localidades de Chã das Caldeiras, pelo avanço das escoadas lávicas, durante a erupção do Pico do Fogo em 2014-2015 (imagem retirada de Infopress, 2018).....	48
<b>Figura 34.</b> Estrutura do Exercício de Tomada de Decisão (adaptado de Fang, Hsu & Lin, 2019).....	62
<b>Figura 35.</b> Resultados da análise às respostas dos alunos no questionário diagnóstico. ....	104
<b>Figura 36.</b> Classificações obtidas na atividade 1. ....	117
<b>Figura 37.</b> Classificações obtidas na atividade 3. ....	117
<b>Figura 38.</b> Classificações obtidas na atividade 4. ....	120
<b>Figura 39.</b> Classificações obtidas na atividade 5. ....	123
<b>Figura 40.</b> Classificações obtidas na atividade 6. ....	123
<b>Figura 41.</b> Capacidades desenvolvidas na perspetiva dos alunos na fase de pré-decisão (n=23).....	124
<b>Figura 42.</b> Capacidades desenvolvidas na perspetiva dos alunos na fase de decisão (n = 23). ....	126
<b>Figura 43.</b> Capacidades desenvolvidas na perspetiva dos alunos na fase de pós-decisão (n=23).....	128
<b>Figura 44.</b> Atitudes desenvolvidas na perspetiva dos alunos na fase de pré-decisão (n=23).....	130
<b>Figura 45.</b> Autoavaliação dos alunos na atividade 1 (n=24).....	131
<b>Figura 46.</b> Autoavaliação dos alunos na atividade 3 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013). ....	131
<b>Figura 47.</b> Atitudes desenvolvidas na perspetiva dos alunos na fase de decisão (n=23). ....	132
<b>Figura 48.</b> Autoavaliação dos alunos na atividade 4 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013). ....	133
<b>Figura 49.</b> Atitudes desenvolvidas na perspetiva dos alunos na fase de pós-decisão (n=23).....	134
<b>Figura 50.</b> Autoavaliação dos alunos na atividade 5 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013). ....	135

<b>Figura 51.</b> Autoavaliação dos alunos na atividade 5 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013). .....	136
<b>Figura 52.</b> Decisões dos grupos de alunos e agrupamento das mesmas de acordo com a sua natureza. Os grupos que decidiram manter a população dentro da caldeira estão identificados a com o ícone verde. Os grupos que decidiram deslocar a população para uma região fora da caldeira estão identificados com o ícone amarelo. O grupo que decidiu criar um refúgio dentro da caldeira, numa zona de menor perigosidade, está identificado com o ícone rosa. ....	137
<b>Figura 53.</b> Tomada de decisão em grupo (n=23). ....	149
<b>Figura 54.</b> Apreciação dos alunos sobre o exercício de tomada de decisão (n=23). .....	155

## **Índice de quadros**

<b>Quadro 1.</b> Classificação da lava de acordo com a temperatura, a composição química e o conteúdo em gás. ....	23
<b>Quadro 2.</b> Articulação do perfil dos alunos com as aprendizagens transversais e essenciais.....	51
<b>Quadro 3.</b> Calendarização e sumário das aulas lecionadas (Verde – Síncronas; Azul – Assíncronas).....	55
<b>Quadro 4.</b> Momentos de avaliação da Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão .....	69
<b>Quadro 5.</b> Momentos de avaliação da Fase de Exercício de Tomada de Decisão....	69
<b>Quadro 6.</b> Peso das atividades realizadas ao longo da intervenção.....	70
<b>Quadro 7.</b> Conhecimentos adquiridos na perspetiva dos alunos nas atividades 1 e 3 da fase de pré-decisão. ....	114
<b>Quadro 8.</b> Conhecimentos adquiridos na perspetiva dos alunos na atividade 4 da fase de decisão.....	118
<b>Quadro 9.</b> Conhecimentos adquiridos na perspetiva dos alunos na atividade 5 e 6 da fase de pós-decisão.....	120
<b>Quadro 10.</b> Classificação dos argumentos dos grupos que decidiram deslocar a população para fora da caldeira.....	139
<b>Quadro 11.</b> Classificação dos argumentos dos grupos que decidiram manter a população nas mesmas localidades. ....	139
<b>Quadro 12.</b> Classificação dos argumentos do grupo que decidiu criar um refúgio numa zona de menor perigosidade.....	139
<b>Quadro 13.</b> Aspetos positivos das atividades realizadas na fase de pré-decisão ....	143
<b>Quadro 14.</b> Aspetos negativos e as dificuldades sentidas nas atividades realizada na fase de decisão.....	144
<b>Quadro 15.</b> Aspetos positivos da atividade realizada na fase de decisão .....	147
<b>Quadro 16.</b> Aspetos negativos e as dificuldades sentida na atividade realizada na fase de decisão. ....	150
<b>Quadro 17.</b> Aspetos positivos das atividades realizadas na fase de pós-decisão....	151
<b>Quadro 18.</b> Aspetos negativos e as dificuldades sentidas nas atividades realizadas na fase de pós-decisão.....	153
<b>Quadro 19.</b> Aspetos positivos do exercício de tomada de decisão. ....	156

<b>Quadro 20.</b> Aspectos negativos e dificuldades sentidas pelos alunos durante o exercício de tomada de decisão. ....	157
<b>Quadro 21.</b> Importância dos exercícios de tomada de decisão .....	159
<b>Quadro 22.</b> Sugestões dos alunos para melhor este exercício de tomada de decisão. ....	160



## I. Introdução

Em Portugal, o atual documento de referência para o sistema educativo, o *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*, de cariz abrangente e transversal, pressupõe que o ensino deve ser inclusivo, equitativo e orientado de acordo com as visões, valores, princípios e áreas competências que os alunos deverão adquirir e aprofundar ao longo da escolaridade obrigatória. Deseja-se que os alunos desenvolvam uma cultura científica, artística e humanística, para que sejam capazes de tomar decisões conscientes, livres e informadas na sociedade e se mostrem interventivos sempre que se verifique necessário garantir a justiça em questões naturais, sociais e éticas (Ministério da Educação, 2017). Segundo o documento das aprendizagens essenciais, para a disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano, ambiciona-se que os alunos sejam capazes de formular e comunicar opiniões críticas e fundamentadas sobre questões de cariz ciência-tecnologia-sociedade (CTS) (Ministério da Educação, 2018).

Os documentos apresentados evidenciam a importância da educação em ciências para o desenvolvimento de uma literacia científica integral, com foco nas questões CTS e na tomada de decisões informadas, pois só assim é possível promover o desenvolvimento de cidadãos com as competências necessárias para uma intervenção ativa na sociedade. O movimento CTS defende uma educação menos fragmentada, onde as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade são estudadas em contextos reais, promovendo assim a literacia científica (Martins, 2002). Uma das formas de promover uma educação de acordo com o movimento CTS é através do estudo de controvérsias sociocientíficas onde é necessário que os alunos integrem as diferentes dimensões do problema para tomarem decisões informadas e suportadas por argumentos (Fang, Hsu & Lin, 2019; Nielsen, 2009; Sadler & Zeidler, 2005).

As controvérsias sociocientíficas exploram o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, e as implicações morais e éticas subjacentes. Não têm uma solução universal ou uma estrutura fixa e podem ser analisadas a partir de diferentes perspetivas, recorrendo a factos e valores (Reis, 2009; Sadler & Zeidler, 2005). Estas controvérsias sociocientíficas podem ser introduzidas na sala de aula através da exploração de exercícios de tomada de decisão, como no presente estudo.

De acordo com o enquadramento teórico, a presente proposta de investigação tem como objetivo compreender: “Quais as potencialidades educativas de exercícios de tomada de decisão no ensino do vulcanismo, numa turma de Biologia e Geologia

do 10.º ano?”. Para investigar o objetivo foram definidas as seguintes questões de investigação:

- Que conhecimentos desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?
- Que capacidades desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?
- Que atitudes desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?
- Que dimensões (científica, social e/ou emotiva) integram os alunos durante a tomada de decisão?
- Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante este exercício de tomada de decisão?

## **II. Enquadramento Teórico**

Nesta secção serão abordados os temas da educação em ciências e cidadania, o trabalho em grupo, o movimento ciência-tecnologia-sociedade-ambiente, as controvérsias sociocientíficas e a sua discussão em sala de aula, os exercícios de tomada de decisão, a aplicação do *Google Earth* e o uso dos *podcasts* no ensino.

### **1. Educação em Ciências e Cidadania**

Atualmente, de acordo com o atual documento de referência para o sistema de ensino português, *O Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (Ministério da Educação, 2017), a escolaridade obrigatória foi alargada até aos doze anos de ensino, no entanto não é desejável que os jovens frequentem simplesmente a escola, mas sim que se apropriem dela, a transformem. Todavia, por vezes a escola ainda privilegia os princípios do individualismo, da burocracia, os saberes abstratos e a promoção de relações distantes entre professores e alunos (Abrantes, 2003). Freire (1987) na sua obra critica a ideia de que o professor é o detentor de todo o saber, um mero transmissor, uma autoridade funcional responsável por narrar os conteúdos programáticos e que o trabalho dos alunos se cinge apenas à memorização, à enunciação mecânica e passiva dos conteúdos abordados pelo professor. No entanto, de acordo com o Decreto-Lei n.º 55/2018, parece estar a ocorrer uma superação desta crise escolar através da adoção de novos documentos orientadores no sistema de ensino. Segundo este decreto pretende-se criar escolas inclusivas e potenciadoras das aprendizagens dos alunos de modo que estes adquiram os conhecimentos, as competências, os valores e os princípios previstos no Perfil dos Alunos (Ministério da Educação, 2017). Neste sentido, as escolas são dotadas de alguma autonomia e flexibilidade para gerirem o currículo tendo em conta o contexto onde se inserem, considerando a diversidade de alunos, realçando a importância da contextualização do ensino a nível local e reforçando a educação para a cidadania. São valorizados os conhecimentos disciplinar e interdisciplinar, o desenvolvimento das capacidades de argumentação, o trabalho cooperativo, a autonomia e a diversificação de estratégias de ensino e de avaliação.

Segundo Osborne e Dillon (2008) a educação em ciências deve estar disponível a todos e não apenas aos alunos que pretendem seguir carreira na área das ciências. É necessário que todos aprendam os conteúdos científicos e compreendam a natureza da

ciência. Estes autores referem que os alunos devem ser encorajados a pensar criticamente sobre a ciência, por exemplo. Assim, definiram sete recomendações para melhorar a educação em ciências na Europa: (1) mostrar a todos os alunos como a ciência funciona e como as explicações científicas contribuem para a compreensão do mundo; (2) promover a formulação de currículos inovadores para combater a desmotivação dos alunos; (3) investir em recursos físicos e humanos para a promoção de carreiras em ciência; (4) garantir que os professores têm uma qualificação de excelência e que realizam atividades *hands-on* e investigativas; (5) investir na formação contínua dos professores, para que estes desenvolvam novas práticas de ensino motivadoras; (6) investir na investigação sobre educação em ciências; e (7) garantir o recrutamento e o desenvolvimento profissional.

Um dos objetivos da educação em ciência é formar indivíduos com uma boa literacia científica para que possam compreender os conceitos básicos da ciência e da natureza da ciência, as implicações da ciência na sociedade e as diferenças entre ciência e tecnologia (Chagas, 2000).

Segundo o relatório do PISA 2018 pode-se definir literacia científica como “*a capacidade de um indivíduo se envolver em questões relacionadas com as ciências e de compreender as ideias científicas como um cidadão reflexivo sendo capaz de explicar fenómenos cientificamente, avaliar e conceber investigações científicas, interpretar dados e evidências cientificamente*” (IAVE, 2019, p. 32). O mesmo documento reforça que o conceito de literacia científica engloba três dimensões de organização: o conhecimento, as competências e os contextos.

A dimensão do conhecimento integra o conhecimento do conteúdo, ou seja, o conhecimento dos conceitos; o conhecimento processual, que engloba o conhecimento sobre métodos e técnicas para a construção do conhecimento científico; e o conhecimento epistemológico, que envolve a compreensão das práticas da investigação científica e os conceitos como teorias, hipóteses e dados.

Quanto às competências um aluno demonstra literacia científica quando é capaz de: (1) explicar fenómenos científicos através da mobilização dos conhecimentos de conteúdo, processual e epistemológico; (2) avaliar e conceber investigações científicas; e (3) interpretar dados e evidências científicas.

Por sua vez, os contextos compreendem as questões individuais, locais, nacionais ou globais, atuais ou históricas, que implicam a mobilização dos três tipos de conhecimento e as três competências descritas anteriormente (IAVE, 2019).

Segundo o documento do Grupo de Trabalho de Educação para a Cidadania (2017), a cidadania traduz a relação entre a sociedade e os cidadãos, motivando-os para uma participação informada na sociedade considerando os seus direitos e deveres. Este documento reforça que, no ensino secundário, todas as disciplinas devem contribuir para o desenvolvimento da formação cidadã dos alunos. A nível europeu, a maioria dos sistemas educativos têm objetivos de educação para a cidadania idênticos, sendo que os cidadãos devem ser capazes de interagir de forma eficaz e construtiva com os outros, pensar criticamente, agir democraticamente e agir de forma responsável na sociedade (Gericke *et al.*, 2020).

A cidadania ambiental corresponde ao comportamento pró-ambiental dos cidadãos que exercem os seus direitos e deveres de forma a mitigar problemas ambientais, que ocorrem a nível local, nacional ou global, através de ações individuais e coletivas (Hadjichambis *et al.*, 2020). A educação para a cidadania ambiental é a educação que promove a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades e atitudes essenciais para o exercício da cidadania ambiental (Hadjichambis & Reis, 2020).

Uma das formas de promover a educação para a cidadania ambiental, na educação formal, no ensino secundário, pode ser através da introdução do tema nos conteúdos das disciplinas (Gericke *et al.*, 2020), como sugerido pelo Grupo de Trabalho de Educação para a Cidadania (2017). Neste sentido, a discussão de questões sociocientíficas pode contribuir para a educação para a cidadania ambiental.

## **2. Trabalho em Grupo**

Atualmente, a teoria construtivista assume relevância no ensino e reforça que o aluno tem um papel ativo durante o processo de aprendizagem. A construção do conhecimento ocorre através da interação do sujeito com o conteúdo e com o ambiente em contextos familiares e significativos para o mesmo (Collins, 2002; Hohenstein & Manning, 2010). Esta teoria realça que a aprendizagem depende da motivação e da organização dos conhecimentos prévios na mente do indivíduo, assumindo o professor o papel de orientador e não apenas de transmissor (Hohenstein & Manning, 2010).

A teoria de Vygotsky enquadra-se no construtivismo social e reforça que a aprendizagem ocorre em contextos de interação dos sujeitos com o meio (Hohenstein & Manning, 2010), ou seja, que o desenvolvimento cognitivo depende do contexto

cultural e social onde o indivíduo se insere (Moreira, 1999). Para o autor, o desenvolvimento cognitivo do indivíduo ocorre através da conversão das funções sociais (a nível interpessoal) em funções mentais superiores (a nível intrapessoal) através da mediação e incorporação de instrumentos e signos característicos da sociedade. Assim, para que ocorra a aprendizagem individual é necessário que ocorra a interiorização de instrumentos e signos através da interação social (Moreira, 1999; Mortimer & Scott, 2003).

A zona de desenvolvimento proximal (ZDP), proposta por Vygotsky, é definida como a distância entre o nível de desenvolvimento real, onde o aluno consegue resolver problemas sem a ajuda de um sujeito mais competente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pelo nível onde o aluno consegue resolver problemas com a ajuda de um sujeito mais competente (Moreira, 1999), por exemplo o professor ou outros alunos. É importante que o professor compreenda a teoria do construtivismo social e que consiga identificar a ZDP dos alunos para os ajudar a atingir o seu nível de desenvolvimento potencial (Hohenstein & Manning, 2010).

A aprendizagem cooperativa é um método de ensino centrado nos alunos que promove o desenvolvimento cognitivo e socio-afetivo através da interação social (Fatarell, Ferreira, Ferrerira & Queiroz, 2010; Johnson & Johnson, 2013; Reis, 2011).

Nesta abordagem, os alunos trabalham em grupo para potenciar a aprendizagem de todos sendo que a contribuição individual de cada elemento permite o sucesso de todos os outros (Johnson & Johnson, 2013; Reis, 2011). De acordo com Johnson e Johnson (2013), para a aprendizagem cooperativa ser eficaz deve compreender cinco pressupostos:

- a) *Interdependência positiva*, quando os elementos do grupo compreendem que o sucesso coletivo depende do sucesso individual;
- b) *Responsabilização individual e do grupo*, cada elemento do grupo deve ser responsável por uma parte do trabalho;
- c) *Promoção da interação*, quando os elementos do grupo partilham recursos, auxiliam e encorajam os colegas;
- d) *Capacidades interpessoais*, quando os elementos do grupo detêm as capacidades necessárias para o funcionamento e concretização do trabalho em grupo;
- e) *Processamento do grupo*, quando os elementos do grupo avaliam o seu funcionamento e os seus desempenhos para atingirem os objetivos desejados.

O método de Jigsaw, idealizado por Aronson em 1978, é um método de aprendizagem cooperativa, onde numa primeira fase os alunos são agrupados num *grupo base*. Cada elemento assume o papel de *especialista* para um determinado tema, tendo a responsabilidade de investigar a parte do trabalho que lhe foi atribuído. Na segunda fase, os *especialistas* de cada grupo reúnem-se no *grupo de especialistas* para realizarem a sua parte do trabalho. Na terceira fase, os *especialistas* regressam ao *grupo base* e explicam as suas conclusões aos colegas (como citado em Reis, 2011). Este método compreende os cinco pressupostos necessários para a aprendizagem cooperativa descritos por Johnson e Johnson (2013).

O desenvolvimento cognitivo e socio-afetivo dos alunos é potenciado através da interação em sala de aula, por exemplo, através do trabalho de grupo (Reis, 2011). Porém, é necessário que o professor compreenda as características que potenciam a eficácia do trabalho em grupo para fomentar a aprendizagem dos alunos.

De acordo com Johnson e Johnson (1997) (como citado em Reis, 2011), existem quatro tipos de grupo:

- a) *Pseudogrupos*, quando os elementos de um grupo não partilham interesse no desenvolvimento dos trabalhos nem têm objetivos em comum. Este cenário traduz-se numa comunicação ineficaz e numa contribuição fraca dos elementos do grupo para o progresso da tarefa. O trabalho em grupo não contribui para o desenvolvimento potencial dos elementos;
- b) *Grupo de trabalho tradicional*, os elementos do grupo adotam uma estratégia para a realização do trabalho em grupo onde a interdependência entre os alunos é baixa, uma vez que os objetivos individuais se sobrepõem aos objetivos coletivos. Cada elemento do grupo realiza uma parte do trabalho não sendo necessária a interação entre os alunos.
- c) *Grupo eficaz*, todos os elementos do grupo contribuem para o sucesso coletivo e têm como objetivo aprenderem e superarem os seus desempenhos individuais. Os elementos do grupo contribuem para o seu progresso e dos colegas através da ajuda mútua. Estes elementos detêm capacidades de coordenação e de avaliação que utilizam para aprender e melhorar o trabalho em grupo.
- d) *Grupo de alto desempenho*, compreende todas as características de um *grupo eficaz*, porém os elementos deste grupo demonstram elevado compromisso o que se traduz elevado desempenho.

Existem fatores que contribuem para o sucesso do trabalho em grupo e que permitem que estes atinjam um desempenho característico de um *grupo eficaz* ou até de *alto desempenho*.

A dimensão do grupo é um destes fatores. Para que um grupo seja produtivo deverá ser constituído por dois ou três elementos, evitando a formação de subgrupos. No entanto, a dimensão do grupo deve ser proporcional à complexidade da atividade proposta, ao tempo disponível para a sua realização e de acordo com as competências sociais dos elementos do grupo.

A constituição dos grupos contribui também para o sucesso do trabalho em grupo. Esta organização pode ser definida pelo professor, quando este conhece os alunos e tem em consideração os seus desempenhos cognitivos e socio-afetivos, integrando alunos com mais dificuldades a nível académico e/ou dificuldades relacionadas com as capacidades socio-afetivas num grupo com alunos com um melhor nível académico e onde estas capacidades estão mais desenvolvidas para assim potenciar o sucesso de todos. A constituição dos grupos pode ser aleatória, no entanto pode levar à criação de grupos não eficazes. Por fim, a distribuição pode ser realizada pelos alunos, no entanto esta técnica promove a constituição de grupos homogêneos e a exclusão de alunos.

O aumento da interdependência positiva entre os elementos, ou seja, a consciência de que o sucesso do grupo depende da contribuição e do desempenho de todos os seus elementos, é também um fator que contribui para eficácia do trabalho em grupo. Esta interdependência pode ser fomentada através da atribuição de funções a todos os elementos do grupo e posterior avaliação individual, para que estes se responsabilizem e assegurem uma função específica para o sucesso de todo o grupo.

Para o sucesso do trabalho em grupo é necessário que o professor forneça, de forma clara, todas as instruções para a realização da atividade e discuta os critérios de avaliação com os alunos. Estas instruções podem ser fornecidas pelo professor oralmente e reforçadas num documento escrito (Reis, 2011).

### **3. Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente**

Nos anos 70 e 80 os currículos orientados para as questões Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS) destacaram-se como um movimento de inovação que pretendia que os alunos compreendessem as relações entre a ciência, a tecnologia e a



sociedade de forma a promover a literacia científica (Chagas, 2000). As abordagens CTS que contêm uma componente ambiental, são denominadas de CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente) (Silva, Oliveira & Queiroz, 2011). Segundo Martins (2002), através do estudo de questões CTS, os alunos compreendem melhor as relações e o impacto do conhecimento científico e tecnológico, para e da sociedade, em contextos reais, próximos ou não dos alunos. Neste cenário ocorre a apropriação dos conceitos no contexto em que são estudados.

De acordo com Viera, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), a educação em ciências, com foco nas orientações CTS, deve compreender os seguintes elementos:

- 1) Seleção de temas que reflitam as relações CTS importantes na atualidade e no futuro, interessantes para os alunos e importantes para o seu desenvolvimento;
- 2) Identificação e resolução de problemas com impacto pessoal, local ou global, que despertem interesse dos alunos;
- 3) Procura ativa de informações para a resolução dos problemas;
- 4) Exploração de problemas ou situações em contexto interdisciplinar;
- 5) Tomada de consciência de que mudanças a nível local podem ter impacto a nível global.

Os currículos orientados para as questões CTS servem as exigências da sociedade atual e constituem uma prática que permite o desenvolvimento da literacia científica, a construção do conhecimento e o desenvolvimento de capacidades e atitudes essenciais para os alunos (Viera, Tenreiro-Vieira & Martins, 2011).

### **3.1. Controvérsias Sociocientíficas**

A educação em ciências deve permitir que os alunos compreendam a relação entre a ciência e a sociedade (Simonneaux, 2008). As controvérsias sociocientíficas exploram o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade, tendo em conta as implicações morais e éticas subjacentes (Sadler & Zeidler, 2005; Simonneaux, 2008). Estas controvérsias não têm uma solução óbvia e universal, não podem ser resolvidas mobilizando apenas o conhecimento científico e podem ser exploradas de diferentes perspetivas recorrendo a factos e valores (Reis, 2004; 2009, 2013; Sadler & Zeidler, 2005).

Segundo Zeidler (2014) (como citado em Zeidler, Herman & Sadler, 2019), o uso de controvérsias sociocientíficas na educação deve basear-se em controvérsias

relevantes onde seja necessário recorrer ao conhecimento científico com foco na componente social, integrando as dimensões éticas e morais, e explorando o raciocínio baseado em evidências para a tomada de decisões informadas de forma a promover o desenvolvimento do carácter dos alunos. Através desta estratégia os alunos constroem o conhecimento em contextos reais, desenvolvem capacidades de pesquisa e análise de informação, de discussão, comunicação e argumentação, de tomada de decisão e resolução de problemas, desenvolvem atitudes como o respeito, a tolerância e a democracia, essenciais para a formação cidadã (Reis, 2013) e compreendem a complexidade destas controvérsias (Simonneaux, 2008). Esta abordagem permite que os alunos adquiram e mobilizem conhecimentos para a resolução de um problema real, construam argumentos, avaliem e reflitam criticamente sobre as diferentes perspetivas (Lee, Lee & Zeidler, 2019; Owens, Sadler & Zeidler, 2017), tornando-se participantes democráticos na tomada de decisão (Zeidler, Hermand & Sadler, 2019). Além disso, a integração de controvérsias sociocientíficas na sala de aula auxilia a aprendizagem de conhecimentos científicos e o desenvolvimento da literacia científica (Owens, Sadler, & Zeidler, 2017; Presley *et al.*, 2013; Zeidler, Hermand & Sadler, 2019).

Segundo Wilmes e Howarth (2009) existem diferenças entre o uso de controvérsias sociocientíficas na sala de aula e o ensino tradicional. Quando os alunos exploram controvérsias sociocientíficas a aquisição e mobilização dos conceitos científicos ocorre num contexto real considerando a componente social. A tomada de decisão ocorre após a recolha de informação e a avaliação do impacto da decisão a nível pessoal, social e global. Por oposição, o ensino tradicional promove a aquisição de conhecimentos de forma isolada e descontextualizada. Além disso, por não existir uma única solução para o problema os alunos podem analisá-lo de diferentes perspetivas antes de tomar uma decisão. Pelo contrário, no ensino tradicional, ainda se privilegia a exploração de questões fechadas com uma única resposta correta. Por sua vez, a discussão de controvérsias sociocientíficas em grupo simula o trabalho dos grupos de decisão da sociedade. No entanto, alguns alunos têm dificuldade em explorar estas controvérsias, especialmente se o ensino vivenciado foi sempre o tradicional, porque o ensino deixa de estar centrado no professor e o aluno passa a ter um papel ativo na aprendizagem. Além disso, os alunos apercebem-se que o conhecimento científico não é estático e, por vezes, têm dificuldade em aceitar que existem diferentes soluções para o mesmo problema. Para o sucesso desta estratégia o professor deve explorar a incerteza da ciência, explicar aos alunos a importância de estudar estas

controvérsias e promover a colaboração entre os alunos para que as diferentes opiniões sejam consideradas e exploradas para, em conjunto, chegarem a uma solução mais adequada (Lee, Lee & Zeidler, 2019).

A teoria de Vygotsky reforça a necessidade da interação social para o desenvolvimento cognitivo. Desta forma, a discussão de controvérsias sociocientíficas torna-se importante para que os alunos reflitam sobre um problema e sobre as possíveis soluções para o mesmo, uma vez que através da discussão os alunos contactam com diferentes perspetivas, alargando o seu nível de compreensão individual (Galvão, Reis & Freire, 2011; Reis, 2009). Neste cenário, a discussão de controvérsias, em grupo turma, contribui para a aprendizagem individual através da coconstrução do conhecimento (Simonneaux, 2008). Mas não só, através da discussão o professor promove o desenvolvimento de valores importantes numa sociedade democrática como o respeito e a tolerância pelas opiniões contrárias, a liberdade de discussão e o afastamento de atitudes dogmáticas (Galvão, Reis & Freire, 2011; Reis, 2004, 2009). O papel do professor na atividade de discussão é importante, mas difícil devido à interdisciplinaridade e complexidade das controvérsias sociocientíficas, à necessidade de controlar os conflitos durante a troca de argumentos e de manter a imparcialidade durante a atividade (Simonneaux, 2008). A partir do estudo de vários autores, Reis (1999) refere que o professor deve manter uma postura neutra, apenas de mediador da discussão para que os alunos cheguem às próprias conclusões.

Segundo Hilário e Reis (2009), a discussão de controvérsias sociocientíficas promove o desenvolvimento da literacia científica, a compreensão dos conteúdos científicos, especialmente quando esta estratégia é utilizada após a conclusão de uma temática, a compreensão das interações entre a ciência e a sociedade, e o desenvolvimento de capacidades como a comunicação, a reflexão e a argumentação. Porém, estes investigadores identificaram algumas limitações no uso deste método. É necessário algum tempo para a sua concretização, alguns alunos têm mais dificuldade em se expressar em público e é uma atividade difícil de avaliar. Reis e Galvão (2008) descreveram que a existência de um exame nacional onde se privilegia o saber de conteúdos memorizados, a inexperiência dos alunos na realização de discussões, a falta de conhecimento didático e de temas controversos por parte do professor, são entraves à realização destas discussões na sala de aula. No entanto, Nielson (2009) refere que através da discussão de controvérsias sociocientíficas os alunos tornam-se críticos e reflexivos e compreendem as relações entre a ciência e a sociedade. Reis e Galvão

(2008), através da análise de vários estudos, corroboram que a discussão de controvérsias sociocientíficas é importante para a compreensão dos conteúdos científicos, da natureza da ciência, e para potenciar o desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos estudantes.

### **3.2. Exercícios de Tomada de Decisão**

O raciocínio pode ser definido como o processo mental que permite que os indivíduos construam representações do mundo (Rips, 2004 como citado por Teig & Scherer, 2016). Distinguem-se dois tipos de raciocínio, formal e informal. O primeiro caracteriza-se pela mobilização de premissas fixas e imutáveis, assentes em regras lógicas e matemáticas (Sadler, 2004). O raciocínio informal caracteriza-se pela dedução a partir de premissas incertas aquando da análise de questões abertas e com múltiplas soluções (Kuhn, 1991 como citado por Teig & Scherer, 2016), como por exemplo no estudo de controvérsias sociocientíficas com a tomada de decisões. A resolução de controvérsias sociocientíficas pressupõe o uso de processos de raciocínio informal, ou seja, quando os indivíduos recorrem aos processos cognitivos e afetivos para resolver um problema (Sadler & Zeidler, 2005) e não apenas o uso do raciocínio formal onde só são consideradas as perspetivas lógico-científicas. A tomada de decisões não deve basear-se apenas em evidências científicas, mas sim na análise, deliberação e priorização dos diferentes tipos de argumentos científicos, sociais, morais, éticos, económicos, entre outros, para a construção de uma decisão informada (Nielson, 2012, 2013; Owens, Sadler & Zeidler, 2017). Segundo Fang, Hsu e Lin (2019), para ajudar os alunos a tomar decisões, em controvérsias sociocientíficas, devem ser planeadas atividades que promovam a reflexão e o pensamento metacognitivo.

Fang, Hsu e Lin, (2019) criaram uma estrutura para auxiliar os professores na implementação de exercícios de tomada de decisão na sala de aula. Esta estrutura consiste em 3 fases: (1) Formulação do espaço de decisão; (2) Formulação da estratégia de tomada de decisão e (3) Revisão e reflexão sobre o processo de decisão.

Na fase 1: *Formulação do espaço de decisão*, os alunos recolhem as informações necessárias para a resolução do problema e analisam as vantagens e as desvantagens das possíveis soluções antes de tomarem uma decisão (Acar, Turkmen

& Roychoudhury, 2010), tendo por base o raciocínio informal, o raciocínio baseado em evidências e a interação social (Fang, Hsu & Lin, 2019).

Nesta fase, o raciocínio informal é fundamental para a resolução de um exercício de tomada de decisão e, por isso, é importante compreender as diferentes perspectivas dos estudantes durante a seleção e escolha dos argumentos que sustentam a sua decisão (Wu & Tsai, 2007). Após uma revisão de literatura, Fang, Hsu e Lin, (2019) constataram que o raciocínio baseado em evidências e a interação social são essenciais para a tomada de decisão. Wu e Tsai (2011) verificaram que o raciocínio baseado em evidências é um parâmetro importante para avaliar as potencialidades de um exercício de tomada de decisão por ser um indicador da qualidade do raciocínio informal dos alunos, uma vez que os alunos com boa qualidade no raciocínio baseado em evidências demonstram uma boa qualidade de raciocínio informal. Fang, Hsu e Lin, (2019) referem que, apesar de existir pouca investigação sobre a interação social durante um exercício de tomada de decisão, esta pode ser benéfica durante a discussão e negociação das decisões.

Na fase 2: *Formulação da estratégia de tomada de decisão*, os alunos podem adotar diferentes estratégias para a tomada de decisão. Existem três estratégias para a tomada de decisão: não compensatória, compensatória ou mista. Quando os alunos eliminam opções que não se enquadram em critérios pré-estabelecidos diz-se que utilizam uma estratégia não compensatória. Por sua vez, quando os alunos têm em consideração todas as opções, mas selecionam e priorizam opções tendo em conta as suas potencialidades e limitações, utilizam uma estratégia compensatória. Por fim, quando os alunos utilizam as duas estratégias, a não compensatória para eliminar as opções inadmissíveis, mas conseguem selecionar e priorizar as restantes opções, diz-se que utilizam uma estratégia mista. Durante a fase 2 o professor pode apresentar as três estratégias ou, selecionar apenas uma e orientar os alunos de forma a utilizarem corretamente. As duas opções são eficazes, mas é importante que os alunos compreendam a estratégia que adotam para que possam tomar uma decisão consciente (Fang, Hsu & Lin, 2019).

Na fase 3: *Revisão e reflexão sobre o processo de decisão* pretende-se que alunos reflitam sobre o processo de decisão e sobre a decisão. Nesta fase devem ser desenvolvidas atividades que promovam a reflexão sobre a decisão tomada. As controvérsias sociocientíficas envolvem a análise de diferentes dimensões, pelo que, por vezes, os alunos têm dificuldade em priorizar os argumentos que suportam a sua

decisão, atribuindo-lhes igual valor. No entanto, segundo estes autores é importante que os alunos priorizem os argumentos para refletirem sobre a decisão e para desenvolverem o pensamento metacognitivo. Além disso, expor os alunos a posições contrárias ajuda-os a refletir sobre as próprias decisões (Fang, Hsu & Lin, 2019).

As controvérsias sociocientíficas promovem o desenvolvimento da literacia científica por desafiar os alunos a tomarem decisões informadas com base nas informações relevantes para a sua resolução (Sadler & Zeidler, 2005). O reconhecimento das diferentes dimensões, a pesquisa de informação para a tomada de decisões e a capacidade de participar em discussões são objetivos importantes para uma educação em ciências que potencia o desenvolvimento holístico dos alunos. Através do envolvimento dos alunos na resolução e discussão de controvérsias sociocientíficas o professor fomenta o desenvolvimento de conhecimentos, capacidades e atitudes essenciais para que os alunos se constituam cidadãos capazes de tomarem decisões informadas numa sociedade democrática (Reis, 2004, 2009).

A tomada de decisão numa controvérsia sociocientífica é um exercício complexo pois envolve a interação de informações de dimensões variadas. Além disso, depende das conceções e dos conhecimentos prévios, dos aspetos emotivos e das perspetivas que cada indivíduo considera mais relevante (Yang & Anderson, 2003).

#### **4. Google Earth**

Os avanços da tecnologia geoespacial, como a possibilidade de captação de imagens por satélite, a tecnologia de *light detection and ranging* (LIDAR), os sistemas de informação geográfica (GIS) e o *Google Earth*, oferecem ferramentas para que, cientistas e educadores, explorem o planeta Terra (Hennessy, Arnason, Ratinen & Rubensdotter, 2012). O uso destas tecnologias permite que os alunos construam novos conhecimentos sobre o mundo. No entanto, é necessário que os alunos se apropriem destas ferramentas e sejam utilizadores ativos para evitar que a sua exploração se cinja apenas à visualização de informação, tendo assim igual impacto a outras estratégias já utilizadas em sala de aula (Doering & Veletsianos, 2007).

O *Google Earth Pro* é um programa que reconstrói a superfície do planeta Terra através de imagens de satélite (Hsu, Tsai & Che, 2018; Lisle, 2006). Através dos comandos presentes na interface *userfriendly* ou através do rato o utilizador consegue escolher o local a explorar, aumentar ou diminuir as imagens, rodar o planeta, observar

a superfície do planeta ao nível do solo, criar marcadores nos locais desejados, gravar a visita, explorar imagens antigas, fazer medições de superfícies, criar e abrir ficheiros *.kml*. É também possível explorar a Lua, Marte ou o universo.

O programa pode constituir um recurso importante para o estudo da geomorfologia, da geologia estrutural e para a interpretação de mapas geológicos. Por vezes os alunos demonstram problemas em visualizar estruturas em três dimensões, pelo que este recurso pode auxiliar os alunos na interpretação destas estruturas, assim como na interpretação de mapas (Lisle, 2006) na disciplina de geologia. Hsu, Tsai e Che (2018) constataram que o uso do *Google Earth*, permite que os alunos desenvolvam a capacidade de leitura de mapas topográficos, através da ligação dos conhecimentos prévios com a visualização da superfície terrestre em 3D. Wes (2003) verificou que o uso de GIS na sala de aula aumenta a motivação dos estudantes para a aprendizagem e permite o desenvolvimento de capacidades de elevado nível cognitivo.

## 5. Podcasts

Os *podcasts* são ficheiros de áudio disponibilizados na Internet. Estes ficheiros podem ser acedidos através do telemóvel ou do computador, a partir do qual podem ser descarregados (Cruz, 2009; Sprague & Pixley, 2008). Atualmente, os alunos lidam diariamente com recursos disponíveis na Internet, pelo que se torna essencial promover a sua integração no ensino, garantindo que a escola acompanha a evolução tecnológica e que forma alunos com competências digitais (Cruz, 2009).

Carvalho, Aguiar e Maciel (2009) desenvolveram uma taxonomia de *Podcasts* para a utilização em contexto educativo. Segundos estes autores, os *podcasts* podem ter seis dimensões: tipo, formato, duração, autor, estilo e finalidade.

Quanto ao tipo de *podcast* este pode ser: (1) *expositivo/informativo* se for de carácter informativo onde o autor apresenta um determinado conteúdo, resume os conteúdos lecionados, apresenta textos, análises, conceitos, entre outros; (2) *feedback/comentários* quando o autor fornece um parecer sobre os trabalhos realizados por outros; (3) *instruções/orientações* quando o autor realiza instruções para a orientação de trabalhos ou do estudo; (4) *materiais autênticos* quando os autores produzem um *podcast* para o público geral, por exemplo através da realização de entrevistas, excertos de telejornais, entre outros (Carvalho, Aguiar & Maciel, 2009).

Os *podcasts* podem apresentar vários formatos como o de *podcast* (só áudio), *enhanced podcast* (áudio e imagens), *vodcast* (áudio e vídeo) ou *screencast* (captação de ecrã com áudio) (Carvalho, Aguiar & Maciel, 2009).

Os *podcasts* são considerados curtos, se tiverem uma duração até 5 minutos, moderados, entre 6-15 minutos e longos, se tiverem mais de 15 minutos, sendo que os *podcasts* de curta duração devem ser privilegiados para motivar os ouvintes.

Os *podcasts* podem ter autoria de professores, alunos ou outras entidades, como, cientistas, jornalistas entre outros. O autor pode adotar estilos formal ou informal, dependendo do objetivo do *podcast*.

A finalidade dos *podcasts* pode ser variada e depende dos objetivos do autor. Por exemplo, pode ter como finalidade informar o público sobre um assunto, sensibilizar para um tema, incentivar a reflexão, entre outras finalidades.

A partir da análise de vários estudos, Forbes (2011) verificou que a maioria dos *podcasts* são criados pelos professores. No entanto, quando os alunos produzem os *podcasts*, sentem-se motivados com a atividade por terem oportunidade de se expressarem. Além disso, adquirem conhecimentos através da pesquisa dos temas e desenvolvem capacidades importantes de comunicação e de apresentação, aprendem a expressar-se com confiança, eficácia, democracia e desenvolvem o pensamento metacognitivo. Segundo Piecka, Studnicki e Zeuckerman-Parker (2008), a produção de *podcasts* pelos alunos, como atividade construtivista, permite que estes criem um produto único, através da colaboração, onde exploram as temáticas escolhidas. Além disso, desenvolvem capacidades relacionadas com a gravação, edição e produção dos *podcasts* (Forbes, 2011) desenvolvendo competências relacionadas com as novas tecnologias. Porém, Sprague e Pixley (2008) referiram que as maiores dificuldades em usar *podcasts* no ensino são a necessidade de conhecer os procedimentos técnicos para a sua gravação, o tempo exigido para a sua concretização e o treino necessário para realizar uma boa gravação. Estes problemas podem ser superados com o correto apoio técnico do professor ou de outros alunos (Forbes, 2011).



### **III. Unidade de ensino: Vulcanismo**

#### **1. Enquadramento científico - Vulcanismo**

##### **1.1. Introdução**

O planeta é dinâmico e encontra-se em constante mudança. Enquanto que os agentes da geodinâmica interna constroem as estruturas geológicas à superfície, os agentes da geodinâmica externa encarregam-se da sua modelação. Apesar de raros, os fenómenos catastróficos podem provocar alterações drásticas na superfície terrestre. No entanto, são os fenómenos mais lentos os principais responsáveis pela transformação do nosso planeta, que por ocorrerem à escala do tempo geológico, podem parecer impercetíveis à escala humana (Davidson, Reed & Davis, 2002a).

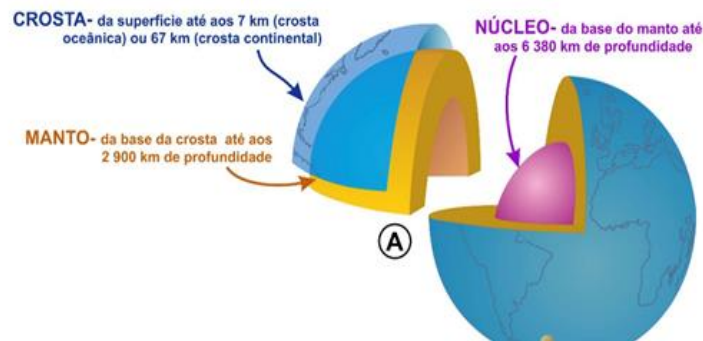
Cerca de 2/3 do planeta está coberto por oceanos e a restante parte compreende a superfície terrestre que se encontra acima do nível médio do mar, como os continentes e as ilhas. A luz solar e a energia interna da Terra são os principais motores responsáveis pela modelação do planeta. A luz solar é a fonte de energia externa responsável pela ação dos agentes como as nuvens, o vento, a chuva, os rios e os glaciares. Por sua vez, a fonte de energia interna resulta da radioatividade natural e do calor armazenado durante a formação da Terra, há cerca de 4,6 Ma. Os fenómenos de vulcanismo, a formação dos fundos oceânicos, das montanhas e até mesmo os abalos sísmicos são resultado da geodinâmica interna da Terra e consequente expressão da fonte de energia interna (Davidson, Reed & Davis, 2002a).

Atualmente, a Teoria da Tectónica de Placas é a teoria unificadora da geologia e permite explicar a origem dos oceanos e dos continentes, das ilhas e das montanhas no nosso planeta, mas também explicar a localização da atividade vulcânica e sísmica na Terra. Segundo esta teoria é a energia interna do nosso planeta que promove o movimento das placas tectónicas (Davidson, Reed & Davis, 2002a, b).

Neste capítulo serão explorados alguns dos fenómenos de vulcanismo que ocorrem no planeta. A vulcanologia moderna é uma ciência interdisciplinar e com inúmeras especialidades, onde se estuda a origem e formação do magma, o seu transporte, os processos intrusivos e extrusivos, as erupções vulcânicas e outras manifestações da atividade vulcânica (Sigurdsson, 2015a). Além disso, sempre existiu, ao longo de milhares de anos, uma relação direta entre a atividade humana e a atividade vulcânica que é estudada pelos vulcanólogos e que será explorada neste trabalho.

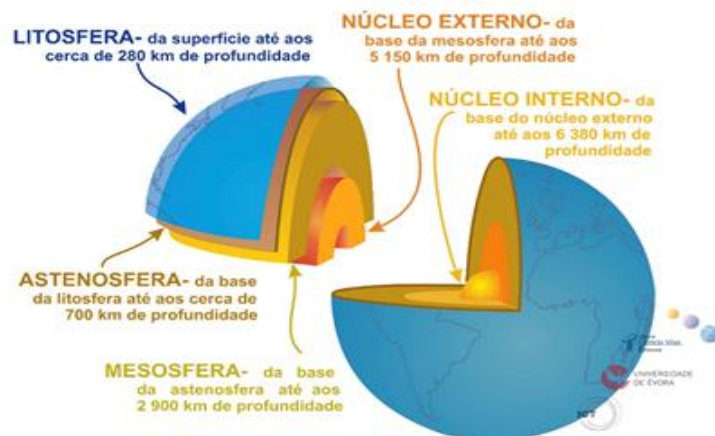
## 1.2. Formação do Magma

A atividade vulcânica resulta da manifestação da geodinâmica interna do planeta Terra. É no manto superior, a 1300-1600° C, através da fusão dos materiais que compõem a camada, que se forma o magma. O planeta Terra pode ser diferenciado em camadas de acordo com critérios químicos (Figura 1) ou físicos (Figura 2).



**Figura 1.** Zonamento do interior da Terra de acordo com os seus constituintes químicos. Modelo químico da estrutura interna da Terra (retirado de Dias, 2019, p. 28).

De acordo com o modelo químico (Figura 1) a Terra pode ser dividida em três camadas. A crosta oceânica (até aos 7 km) é constituída essencialmente por basalto e a crosta continental (até aos 67 km) tem a constituição média do granito. O manto, localizado entre a base da crosta até aos 2900 km de profundidade é constituído por peridotito. Por último, o núcleo é constituído por ferro e níquel e atinge as profundidades desde a base do manto até aos 6380 km (Dias, 2019; Nelson, 2015c).

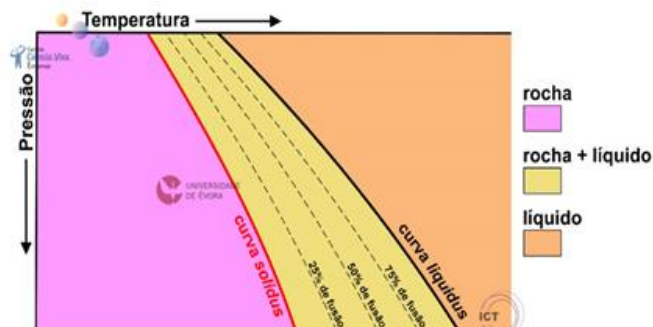


**Figura 2.** Zonamento do interior da Terra de acordo com o comportamento físico dos materiais. Modelo físico da estrutura interna da Terra (retirado de Dias, 2019, p. 29).

Segundo o modelo físico da estrutura interna da terra (Figura 2) a litosfera, sólida, rígida e fraturada em placas litosféricas, é a camada exterior e atinge os 280 km de profundidade. Esta camada está assente na astenosfera, de carácter dúctil, com profundidade desde a base da litosfera até aos 700 km de profundidade. Por sua vez, a

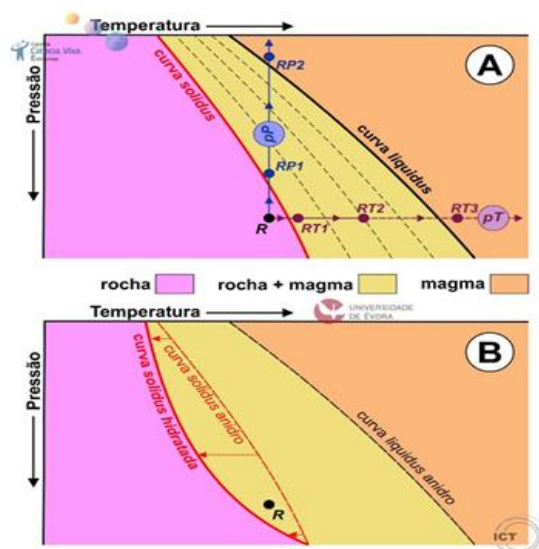
mesosfera é sólida e está delimitada entre a base da astenosfera até aos 2900 km de profundidade. O núcleo externo é líquido e compreende a camada desde a base da mesosfera até aos 5150 km de profundidade. Por último, o núcleo interno da terra é sólido e encontra-se desde a base do núcleo externo até aos 6380 km (Dias, 2019; Nelson, 2015c).

Apesar do manto ser sólido comporta-se como um líquido viscoso quando adotada a escala de tempo geológico (Grove & Till, 2015). É no manto que se forma o magma, um material rochoso fundido, que se encontra abaixo da superfície, constituído por uma fase sólida, uma fase líquida e uma fase gasosa. Quando este material atinge a superfície sofre alterações na sua composição e passa a designar-se lava (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Marshak, 2007). Quando possível o magma ascende através de fraturas na litosfera até atingir a superfície. O magma ascende porque é menos denso do que as rochas circundantes e porque o peso das camadas rochosas superiores forçam esta ascensão (Marshak, 2007). Hipoteticamente, três fatores que permitem a fusão dos materiais constituintes do manto e consequente formação de magma: (1) aumento da temperatura; (2) diminuição da pressão; (3) alteração da composição química. Assim, sob determinadas condições de pressão e temperatura pode ocorrer a fusão total ou parcial do manto e formação de magma (Figura 3).



**Figura 3.** Diagrama de Pressão-Temperatura para a fusão parcial ou total do manto. (retirado de Dias, 2019, p. 316).

De acordo com a Figura 3, a fusão parcial do manto ocorre sob condições de pressão e temperatura entre as curvas *solidus* e *liquidus*. Por sua vez, a fusão total de uma região do manto ocorre em condições de pressão e temperatura superiores à curva *liquidus* (Grove & Till, 2015). Na Terra, os três processos que levam à formação de magma são: fusão por decompressão, fusão por transferência de calor e fusão por adição de voláteis (Figura 4).



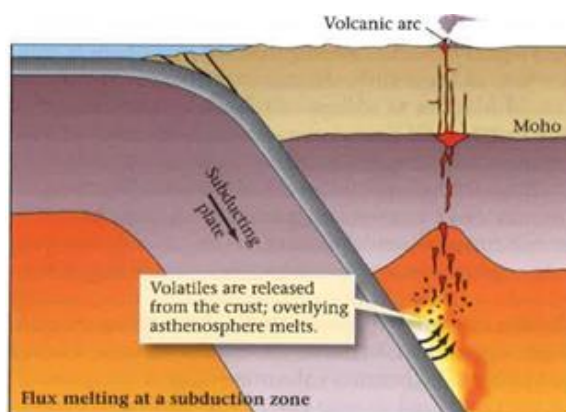
**Figura 4.** Diagrama de Pressão-Temperatura. (A) Fusão por aumento de temperatura a pressão constante (pT) ou por decompressão a temperatura constante (pP). (B) Fusão por deslocamento das curvas *solidus* e *liquidus* devido à adição de voláteis (retirado de Dias, 2019, p. 318).

### 1.2.1. Fusão por decompressão

A fusão por decompressão origina magmas abaixo das dorsais oceânicas, nos rifts, nas ilhas oceânicas e no interior de continentes (Grove & Till, 2015). No manto superior as condições de pressão e temperatura são ideais para a formação do magma, no entanto, apesar de o gradiente geotérmico aumentar com a profundidade, nesta região a temperatura não é suficientemente alta para que ocorra a fusão dos materiais rochosos. Por sua vez, a grandes profundidades, apesar da temperatura ser elevada, as altas pressões impedem que ocorra a fusão dos materiais, ou seja as condições de pressão e/ou temperatura não são propícias à fusão das rochas (Figura 4). Assim, é necessário que o gradiente geotérmico aumente e a pressão se mantenha estável para que ocorra a formação de magma no manto superior. As correntes de convecção levam à ascensão de materiais de zonas mais profundas para o manto superior. Estes materiais a temperaturas mais elevadas quando atingem condições de menor pressão fundem. A ascensão de materiais a elevadas temperaturas até regiões de menor pressão está exemplificado na Figura 4A (pP), quando os materiais ascendem do ponto R para o ponto RP1, transpõem a curva *solidus* e sofrem fusão parcial. Se ocorrer a ascensão até ao ponto RP2, há a transposição da curva *liquidus* e ocorre a fusão total dos materiais (Dias, 2019; Marshak, 2007; Nelson, 2015a). A fusão por decompressão leva à formação de magmas basálticos (Nelson, 2015a).

### 1.2.2. Fusão por adição de voláteis

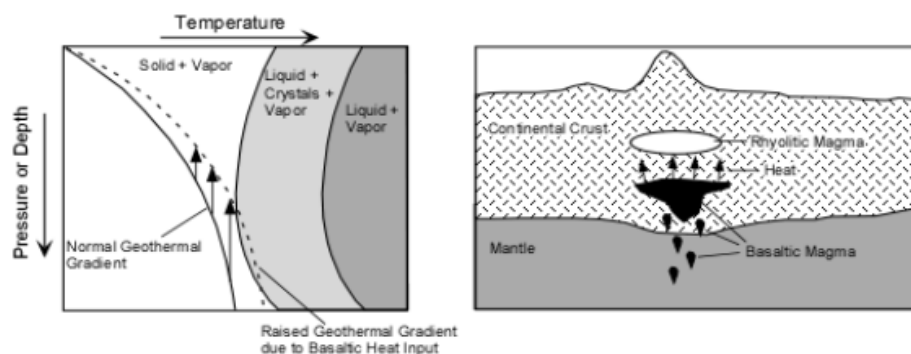
A presença de voláteis como o vapor de água ( $H_2O$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), provocam a quebra de ligações químicas e a diminuição do ponto de fusão das rochas. De acordo com o diagrama pressão-temperatura (Figura 4B) verifica-se esta diminuição do ponto de fusão por deslocação das curvas *solidus* e *liquidus*. A formação de magma por adição de voláteis ocorre nas zonas de subducção onde a crosta oceânica é rica em minerais hidratados. A subducção da crosta oceânica permite a desidratação destes minerais e a consequente infiltração dos voláteis no manto astenosférico da placa sobrejacente contribuindo para a fusão parcial das suas rochas e para formação de magma (Figura 5) (Grove & Till, 2015; Marshak, 2007).



**Figura 5.** Fusão por adição de voláteis. A subducção da placa oceânica permite a libertação de voláteis para a astenosfera (retirado de Marshak, 2007, p.144).

### 1.2.3. Fusão por transferências de calor

A intrusão de magma na crosta leva ao aumento da temperatura nessa região (figura 6). Assim, ocorre a transferência de calor e o aumento do gradiente geotérmico local, podendo ocorrer fusão parcial das rochas circundantes e formação de magma (Marshak, 2007; Nelson, 2015a). Este mecanismo leva à formação de magmas nos rifts continentais, nos *hot spots* e no teto das zonas de subducção (Nelson, 2015a).



**Figura 6.** Mecanismo de formação de magma por transferência de calor. O aumento do gradiente geotérmico local leva à fusão parcial das rochas circundantes (retirado de Nelson, 2015a, p.5).

Como representado na Figura 6, o aumento do gradiente geotérmico local pela transferência de calor da intrusão magmática para a crosta, pode levar a curva do gradiente geotérmico a transpor a fronteira *solidus*, ocorrendo assim a fusão parcial das rochas envolvidas e consequente formação de magma.

### **1.3. Vulcanismo**

A atividade vulcânica pode manifestar-se através do vulcanismo primário central ou fissural com a libertação de lava, piroclastos e gases através de uma abertura na crosta, ou através de vulcanismo secundário quando ocorre a libertação de água e/ou gases a elevadas temperaturas.

#### ***1.3.1. Materiais libertados durante as erupções vulcânicas***

##### ***1.3.1.1. Tipos de lavas***

Existem diferentes tipos de lava devido a variações na composição química, no conteúdo em gás e na temperatura, podendo estas ser classificadas como lavas máficas ou basálticas, intermédias ou andesíticas e félsicas ou riolíticas (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Marshak, 2007; Nelson, 2015a). Além disso, as variações destes parâmetros influenciam a viscosidade da lava, que representa a resistência de uma substância em fluir (Marshak, 2007).

Todos os magmas têm na sua composição oxigénio e silício, que se ligam quimicamente sob a forma de tetraedros de sílica ( $\text{SiO}_4^-$ ). Os magmas são compostos também por iões como o alumínio, o cálcio, o sódio, o potássio, o ferro e o magnésio, apesar de em menor percentagem, que se arranjam em aglomerados ou em cadeias lineares. O conteúdo em sílica influencia o comportamento da lava uma vez que o aumento do conteúdo em sílica e, a consequente formação de cadeias lineares de tetraedros de sílica, aumenta o atrito interno da lava, contribuindo para o aumento da sua viscosidade (Marshak, 2007).

Por sua vez, lavas com temperaturas elevadas são mais fluidas uma vez que, o aumento da temperatura quebra as ligações entre os átomos que passam a deslocar-se mais livremente no fluído (Marshak, 2007).

Por último, lavas fluidas têm baixo conteúdo em gás pois têm facilidade em libertar os voláteis ao contrário das lavas viscosas (Nelson, 2015a).

**Quadro 1.** Classificação da lava de acordo com a temperatura, a composição química e o conteúdo em gás.

Tipo de lava	Rocha vulcânica	Rocha plutónica	Composição química	Temp.	Conteúdo em gás	Viscosidade
<b>Máfica ou Basáltica</b>	Basalto	Gabro	45-55% SiO <sub>2</sub> ; Elevada % de Fe, Mg e Ca; Baixa % de K e Na.	1000-1200 °C	Baixo	Baixa
<b>Intermédia ou Andesítica</b>	Andesito	Diorito	55-65% SiO <sub>2</sub> ; % intermédia de Fe, Mg, Ca, Na e K.	800-1000 °C	Intermédio	Intermédia
<b>Félsica ou Riolítica</b>	Riólito	Granito	65-75% SiO <sub>2</sub> ; Baixa % de Fe, Mg e Ca; Elevada % de K e Na.	650-800 °C	Elevado	Elevada

Retirado de (Nelson, 2015a)

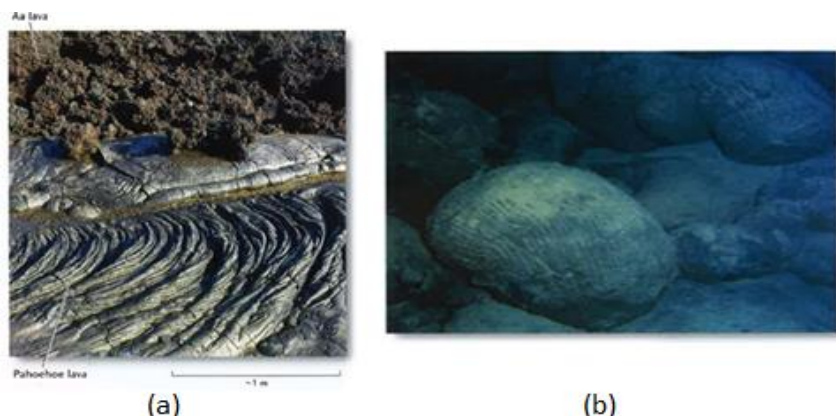
No Quadro 1 encontra-se sumariado os tipos de lava de acordo com a temperatura, a composição química e o conteúdo em gás, assim como o tipo de rochas vulcânicas e plutónicas formadas a partir de cada tipo de magma.

### **Lavas máficas ou basálticas**

As lavas máficas ou basálticas têm uma percentagem em sílica entre os 45-55% (lavas básicas), temperatura entre os 1000-1200 °C, baixo conteúdo em gases e, consequentemente, têm baixa viscosidade. Estas lavas originam basaltos (rocha vulcânica) e os magmas que as originam quando arrefecem em profundidade originam gabros (rocha plutónica) (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015a).

Os magmas basálticos originam erupções mais efusivas, onde a baixa viscosidade da lava permite que esta percorra grandes extensões a uma velocidade elevada. As lavas basálticas solidificam à superfície sob a forma de lavas *pahoehoe* ou *aa*. (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015a). As lavas *pahoehoe* ou lavas encordoadas correspondem a fluxos de lava basálticos muito fluidos e com superfícies lisas. À medida que o fluxo avança a camada superficial arrefece formando uma película superficial sólida, no entanto o interior do fluxo continua quente e a fluir o que leva ao arrasto da película superficial e à formação de dobras que se assemelham a cordas. As lavas *aa* ou lavas escoriáceas correspondem a fluxos de lava basáltica ou andesítica, de aspeto rugoso, devido à perda rápida de gases. Estes fluxos deslocam-se mais lentamente que as lavas *pahoehoe*, o que permite que a camada superficial do

fluxo solidifique e quebre em superfícies irregulares que se associam ao fluxo de lava (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Kilburn, 2015; Nelson, 2015b). Na Figura 7a observam-se lava *aa*, com aspeto áspero e lava *pahoehoe*, com aspeto semelhante a cordas. As lavas basálticas quando solidificam dentro de água arrefecem rapidamente, os lobos inflamam e adquirem a forma de travesseiros com margens vítreas (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015b). Estas lavas designam-se *pillow lavas* ou em almofada (Figura 7b).



**Figura 7.** (a) Lava pahoehoe e aa e (b) lavas em almofada (b) (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, pp. 308-309).

### **Lavas intermédias ou andesíticas**

As lavas intermédias ou andesíticas têm uma percentagem em sílica entre os 55-65%, temperatura entre os 800-1000 °C e conteúdo em gás intermédio. De acordo, com estas características apresentam uma viscosidade intermédia. As lavas intermédias originam andesitos (rocha vulcânica) e os magma que as originam quando arrefecem em profundidade originam dioritos (rocha plutónica) (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015a). A formação das lavas andesíticas resulta principalmente da mistura de magmas basálticos (mantélicos) com magmas félsicos crustais (LaFemina, 2015).

### **Lavas félsicas ou riolíticas**

As lavas félsicas ou riolíticas têm uma percentagem em sílica entre 65-75% (lavas ácidas), temperaturas baixas entre 650-800°C e dificuldade em libertar os gases. Estas características traduzem-se em lavas muito viscosas, associadas a erupções explosivas. As lavas félsicas originam riólitos (rocha vulcânica) e os magmas que as originam quando arrefecem em profundidade originam granitos (rocha plutónica)



(Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015a). Devido à elevada viscosidade das lavas félsicas estas podem solidificar na chaminé do aparelho vulcânico formando agulhas vulcânicas (Figura 8a) ou na cratera vulcânica formando domos vulcânicos (Figura 8b). Estes dois fenómenos de solidificação de lavas viscosas na conduta ou na boca do vulcão aumentam a perigosidade das erupções vulcânicas (Marshak, 2007).

A agulha vulcânica Shiprock (Novo México) (Figura 8a) ergue-se a 515 metros da superfície envolvente e formou-se após a solidificação de lavas viscosas na chaminé do vulcão. Como o arrefecimento se deu de forma lenta, devido à menor exposição com o exterior, com uma taxa de condução de calor mais lenta, houve tempo para a formação de rochas ígneas de textura fanerítica de grão fino (Marshak, 2007). A agulha vulcânica Shiprock encontra-se atualmente exposta devido a processos de erosão diferencial no cone vulcânico (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).

Na Figura 8b observa-se um domo na cratera do vulcão de Colima (México) em 2011 (Calder, Lavallée, Kendrick & Bernstein, 2015). Estas estruturas, por obstruírem a saída do magma, contribuem para o aumento da explosividade das erupções vulcânicas.



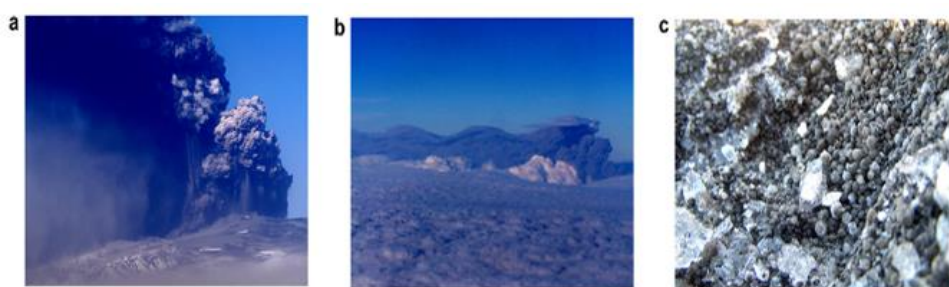
**Figura 8.** (a) Agulha vulcânica Shiprock no Novo México (USA) (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 316); (b) Domo vulcânico no vulcão de Colima (México) (retirado de Calder, Lavallée, Kendrick & Bernstein, 2015, p.346).

#### *1.3.1.2. Material piroclástico*

Os piroclastos são os materiais sólidos projetados durante uma erupção vulcânica. Quando o magma atinge a superfície os voláteis escapam e favorecem a formação de coágulos de lava que solidificam na atmosfera. Assim, os piroclastos resultam da solidificação da lava à superfície, podendo também ter origem nas próprias rochas do aparelho vulcânico que são arrancadas durante a ascensão do magma. Os piroclastos podem ser classificados de acordo com a sua dimensão em cinzas, lapilli,

bombas ou blocos (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Marshak, 2007; Nelson, 2015b).

As cinzas têm dimensões inferiores a 2 mm e durante as erupções vulcânicas podem ser transportadas pelo vento até grandes distâncias (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008). As cinzas vulcânicas apesar de terem dimensões reduzidas são um dos perigos associados às erupções vulcânicas. Em abril de 2010, o vulcão Eyjafjallajökull, na Islândia, entrou em erupção e as cinzas vulcânicas impediram o tráfego aéreo na Europa (Figura 9a-b) (Langmann, Folch, Hensch & Matthias, 2012). Os lapilli são os piroclastos formados durante as erupções vulcânicas com dimensões entre os 2-64 mm (Figura 9c).



**Figura 9.** a) Nuvem de gás e de cinzas formada a 17 de abril de 2010 durante a erupção do vulcão Eyjafjallajökull (Islândia). As partículas de menores dimensões foram dispersas pelo vento e afetaram a Europa. b) Nuvem de gás e de cinzas com uma altura de aproximadamente 5-7 km. c) Lapilli acrecionário resultado da consolidação de cinzas vulcânicas e gelo formados na nuvem de gás e de cinzas com um diâmetro de 2-6 mm. (retirado de Langmann, Folch, Hensch & Matthias, 2012, p.2).

As bombas e os blocos são os piroclastos com dimensões superiores a 64 mm. Os blocos são fragmentos angulares que foram libertados durante a erupção vulcânica no estado sólido enquanto que as bombas resultam da solidificação de lava no ar pelo que adquirem uma forma aerodinâmica característica (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015b)

#### *1.3.1.3. Gases vulcânicos*

O vapor de água ( $H_2O$ ) é o principal gás libertado durante as erupções vulcânicas ou nas manifestações de vulcanismo secundário. São também libertados outros gases como o hidróxido clorídrico ( $HCl$ ), o sulfureto de hidrogénio ( $H_2S$ ), o dióxido sulfúrico ( $SO_2$ ), o ácido fluorídrico ( $HF$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), embora em menor percentagem. Estes gases constituem um perigo para os seres vivos, podendo ser fatais, como o  $HCl$ , o  $SO_2$  e o  $HF$ . Os gases e as cinzas libertados durante

as erupções vulcânicas também podem afetar o clima alterando a temperatura média do planeta Terra (Nelson, 2015b).

### ***1.3.2 Vulcanismo primário***

Vulcões como o Mt. Fuji (Figura 10) são constituídos por grandes estruturas cónicas, no entanto os vulcões não têm todos a mesma forma. Um vulcão corresponde a uma perturbação na crosta terrestre com uma abertura em forma de cratera (vulcanismo primário central) ou de fissura (vulcanismo primário fissural) através da qual ocorre a libertação de materiais vulcânicos, como lava, piroclastos e gases.



**Figura 10.** Vulcão Mt. Fuji no Japão (retirado de Silva & Lindsay, 2015, p. 274).

A atividade vulcânica é uma manifestação da geodinâmica interna do planeta e as formas vulcânicas dependem da composição do magma, da localização do vulcanismo, do enquadramento geotectónico e de outros aspetos intrínsecos a cada erupção vulcânica. A localização tectónica do evento é importante pois condiciona o tipo de magma formado que, consequentemente, influencia o tipo de materiais libertados, o estilo eruptivo do evento e a forma dos vulcões (Silva & Lindsay, 2015).

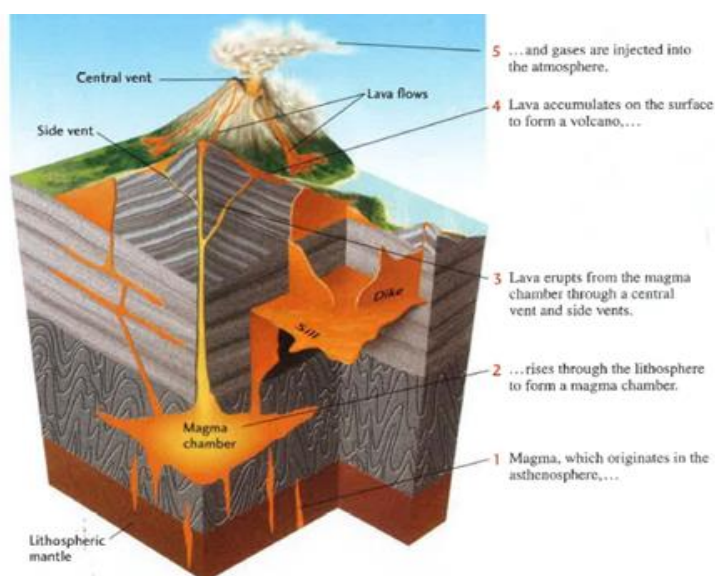
#### ***1.3.2.1 Tipos de erupções vulcânicas***

As erupções vulcânicas podem apresentar momentos efusivos e/ou explosivos. Nas erupções vulcânicas efusivas ocorre normalmente a libertação de lavas mais basálticas (Stix, 2015), no entanto algumas erupções efusivas podem resultar da extrusão de magmas intermédios (Nelson, 2015b). Nas erupções efusivas a baixa viscosidade da lava permite que os gases sejam libertados facilmente, não ocorrendo a fragmentação violenta do magma necessária à formação de piroclastos. Além disso, as lavas fluidas percorrem grandes extensões contribuindo para a formação de vulcões com declives pouco inclinados (ver 1.3.2.2) ou para a formação de *cortinas de fogo* se o vulcanismo for do tipo fissural (Nelson, 2015b).

As erupções explosivas resultam da libertação de magmas ricos em gases e muito viscosos (magmas intermédios ou félsicos). O conteúdo em gás aumenta o carácter explosivo das erupções vulcânicas por contribuir para a fragmentação do magma e consequente formação de piroclastos, podendo ocorrer a formação de perigosas escoadas ou fluxos piroclásticos (ver 1.5.1). Além disso, os magmas mais viscosos têm dificuldade em se deslocar podendo solidificar na cratera e/ou na chaminé vulcânica com alguma facilidade (ver 1.3.1.1), aumentando a explosividade da erupção. Os estratovulcões resultam da acumulação de piroclastos e lavas mais viscosas, que não percorrem grandes extensões permitindo, assim, o crescimento do cone vulcânico em altura (ver 1.3.2.2) (Nelson, 2015b).

### *1.3.2.2 Vulcanismo primário central*

As manifestações do vulcanismo primário central originam estruturas com características particulares. Na Figura 11 encontra-se um esquema de um vulcão, onde se observa a ascensão de magma, formado na astenosfera, até uma zona de acumulação perto da crosta, a câmara magmática. Quando ocorre uma erupção vulcânica, o magma presente na câmara magmática ascende através da chaminé vulcânica e é libertado para a superfície através da cratera vulcânica. O cone vulcânico é resultado da acumulação da lava e/ou dos piroclastos libertados durante as erupções vulcânicas, sendo que a sua forma é dependente do estilo eruptivo. No sopé do vulcão principal podem-se formar cones secundários que são alimentados pela mesma câmara magmática (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008), em momentos eruptivos subsequentes.



**Figura 11.** Esquema de um vulcão (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 306).

Os vulcões-escudo formam-se na sequência da libertação e acumulação de lavas máficas, a partir de uma cratera central. Estas lavas são muito fluidas pois são formadas a altas temperaturas e têm um baixo conteúdo em sílica, percorrendo grandes extensões, pelo que estes vulcões apresentam um declive baixo ( $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ). A formação do aparelho vulcânico resulta maioritariamente da acumulação de lavas básicas, durante os momentos efusivos, sendo que os poucos materiais piroclásticos libertados se acumulam perto da cratera. Todos os vulcões-escudo são poligénicos (vulcões que experimentam vários episódios eruptivos) e têm uma forma normalmente circular ou oval que pode atingir vários quilómetros de diâmetro (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015b; Silva & Lindsay, 2015). Um exemplo de vulcão-escudo é o vulcão Mauna Loa (Figura 12) um dos maiores do mundo.

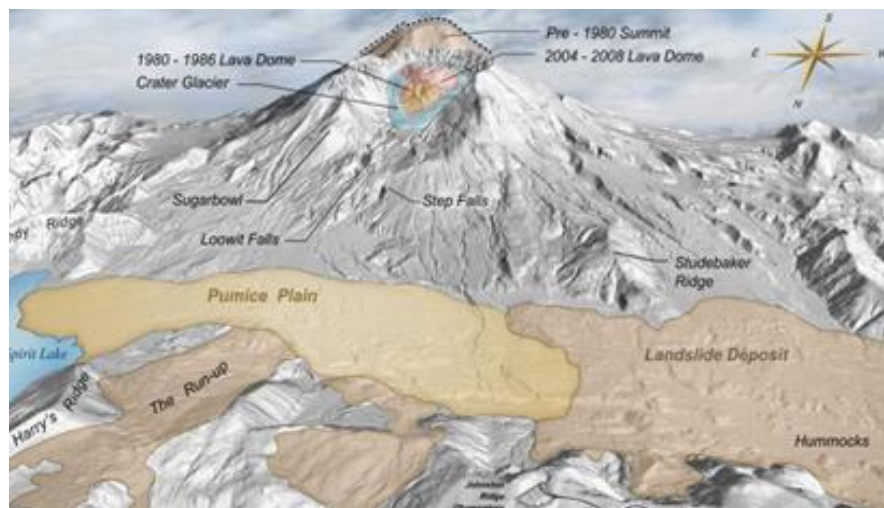


**Figura 12.** Vulcão-escudo Mauna Loa na Ilha do Havai, EUA (retirado de NPS, 2020).

Os estratovulcões formam-se a partir de lavas viscosas ricas em sílica e com temperaturas mais baixas que as lavas máficas. Estes vulcões apresentam um declive íngreme, entre o  $6^{\circ}$ - $10^{\circ}$  nos flancos inferiores e cerca de  $30^{\circ}$  perto do cume, devido à acumulação de lavas viscosas, intermédias ou félsicas, que não percorrem grandes extensões. Nos momentos eruptivos efusivos (dominados pela libertação de lava), ocorre a acumulação de lavas, e nos momentos mais explosivos (dominados pela libertação de piroclastos) a acumulação de piroclastos (Silva & Lindsay, 2015; Nelson, 2015b).

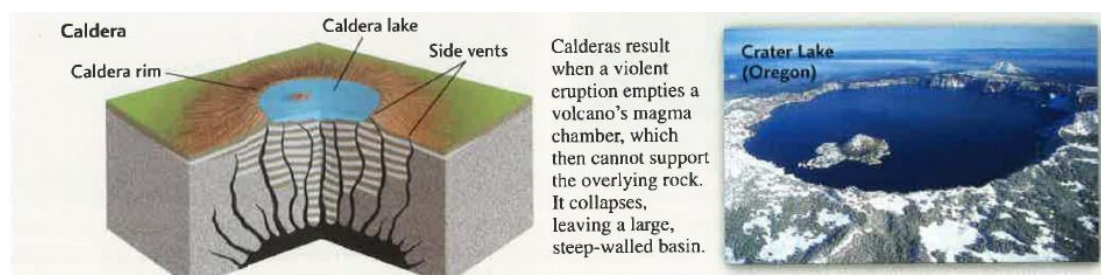
O vulcão Mount St. Helens apresentava uma forma típica de estratovulcão até à erupção de 1980 que destruiu o flanco norte como se observa na Figura 13 (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).





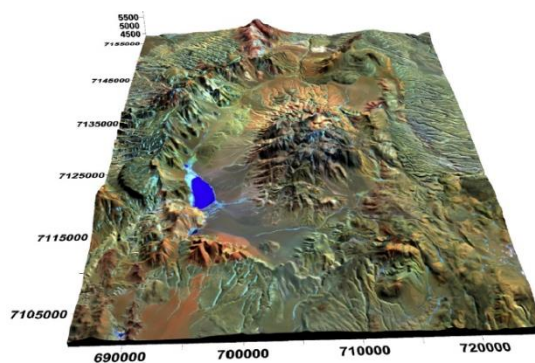
**Figura 13.** Topografia do vulcão Mount St. Helens (EUA) antes e depois da erupção de 1980. Esta erupção violenta destruiu parte do flanco norte do aparelho vulcânico (retirado de USGS, 2014).

As caldeiras vulcânicas (Figura 14) resultam da subsidência vertical do topo do cone vulcânico devido ao esvaziamento parcial da câmara magmática após erupções vulcânicas. O cone vulcânico fica sem sustentação e colapsa formando-se uma caldeira que pode atingir centenas de quilômetros quadrados. O diâmetro da caldeira está relacionado com o volume de magma associado à erupção vulcânica. Numa fase posterior, a caldeira pode acabar por reter águas pluviais formando-se uma lagoa. Quando o calor residual da câmara magmática aquece estas águas, formam-se nascentes termais, podendo também ocorrer emissões de gases. Este tipo de atividade são manifestações de vulcanismo secundário que podem ser importantes para o aproveitamento da energia geotérmica (ver 1.3.3) (Branney & Acocella, 2015; Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).



**Figura 14.** Caldeira vulcânica esta estrutura forma-se após o esvaziamento total ou parcial da câmara magmática e consequente colapso do cone vulcânico (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 314).

A formação de uma caldeira não implica o fim da atividade vulcânica, podendo esta continuar intracaldeira como, por exemplo, na caldeira de Cerro Galan, na Argentina (Figura 15), onde após o colapso do cone vulcânico a atividade vulcânica continuou e formou-se um domo vulcânico (Silva & Lindsay, 2015).



**Figura 15.** Caldeira Cerro Galan na Argentina (retirado de Silva & Lindsay, 2015, p. 288).

#### *1.3.2.3. Vulcanismo primário fissural*

As manifestações da atividade vulcânica mais expressivas e onde ocorre a maior libertação de lava e de piroclastos acontecem através do vulcanismo primário fissural, apesar de por vezes estas manifestações serem invisíveis por ocorrem maioritariamente nos oceanos nas zonas de rift (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Siebert, Cottrel, Venzke & Andrews, 2015). Neste tipo de vulcanismo as erupções vulcânicas ocorrem ao longo de fissuras, podendo formar-se planaltos vulcânicos extensos que resultam da solidificação de lavas basálticas fluidas que preencheram depressões nas regiões envolventes. Estes planaltos vulcânicos ocorrem tanto nos continentes como nos fundos oceânicos (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008). Um exemplo clássico de um destes planaltos é o planalto de Decão (Figura 16), na Índia, que resultou da atividade vulcânica num *hot spot* (Silva & Lindsay, 2015).



**Figura 16.** Planalto de Decão, Índia. Este planalto é formado por mais de 2000 m de fluxos de lava basáltica que cobre mais de 500.000 km<sup>2</sup> (retirado de Silva & Lindsay, 2015, p. 294).

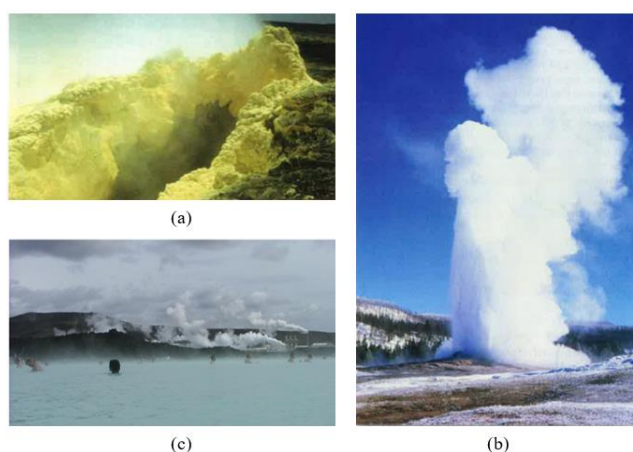
### 1.3.3. Vulcanismo secundário

A atividade vulcânica não se manifesta apenas através de erupções vulcânicas, mas também através da libertação de água e/ou gases a elevadas temperaturas nas fumarolas, nas nascentes termais e nos géiseres (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).

As fumarolas (Figura 17a) são manifestações de vulcanismo secundário onde ocorre a libertação de vapor de água a elevadas temperaturas devido à circulação de água entre rochas vulcânicas ou perto de intrusões magmáticas. Por vezes, ocorre a libertação de vapor de água e de outros gases como o  $\text{CO}_2$ , o  $\text{H}_2\text{S}$  ou o  $\text{SO}_2$ , designando-se estas manifestações de sulfataras (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Stimac, Goff & Goff, 2015).

Os géiseres (Figura 17b) resultam da emissão natural de água e vapor de água aquecidos, através de fraturas. As águas subterrâneas em contacto com rochas vulcânicas ou magmas a elevadas temperaturas aquecem levando à formação de vapor de água. O aumento do vapor de água faz aumentar a pressão nos reservatórios favorecendo a ascensão de água e de vapor de água até à superfície sob a forma de jatos.

As nascentes termais (Figura 17c) são locais de libertação de águas quentes ricas em sais minerais. Resultam da atividade hidrotermal e da circulação de águas perto de fontes magmáticas (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).



**Figura 17.** (a) Fumarola com depósitos de enxofre perto do vulcão Merapi, Indonésia; (b) Géiser no Parque Nacional de Yellowstone, EUA (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 319); (c) Nascente termal Lagoa Azul, Islândia (adaptado de Erfurt-Cooper, Sigurdsson & Lopes, 2015, p. 1302).



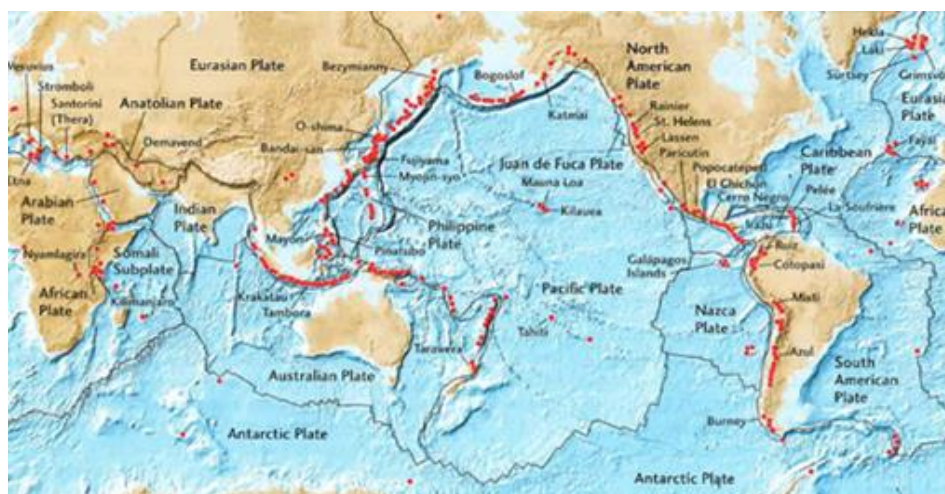
Os sistemas geotermiais ocorrem nas regiões favoráveis à ocorrência de vulcanismo, como perto dos limites de placas e nos locais de *hot spot*. Nestas regiões o elevado fluxo térmico e o favorecimento da circulação de água através de fraturas potenciam o desenvolvimento de manifestações de vulcanismo secundário e o aproveitamento da energia geotérmica (Stimac, Goff & Goff, 2015). A energia geotérmica é a energia que está armazenada, sob a forma de calor, abaixo da superfície terrestre. Esta energia pode ser utilizada diretamente para o aquecimento ou indiretamente para a produção de eletricidade (Arnósson, Thórhallsson & Stefánsson, 2015; McNutt, 2015). Assim, os países localizados nestas regiões com vulcanismo ativo são os que mais produzem energia geotérmica (Stimac, Goff & Goff, 2015).

A litosfera corresponde à camada superficial da Terra, que compreende a crosta e parte do manto superior, e que se encontra fraturada em várias placas tectônicas rígidas que se deslocam umas em relação às outras sobre a astenosfera de caráter dúctil. As placas oceânicas são mais densas devido aos minerais ferromagnesianos que as constituem e têm uma espessura entre os 2-140 km. Por sua vez, as placas continentais são menos densas, têm uma constituição granítica e uma espessura entre os 40-280 km. Na Figura 18 estão representadas as placas tectônicas e os respectivos limites (LaFemina, 2015).

**Figura 18.** Distribuição das placas tectônicas e os seus limites (retirado de Dias, 2019, p. 125).

Existem três tipos de limites entre placas tectônicas:

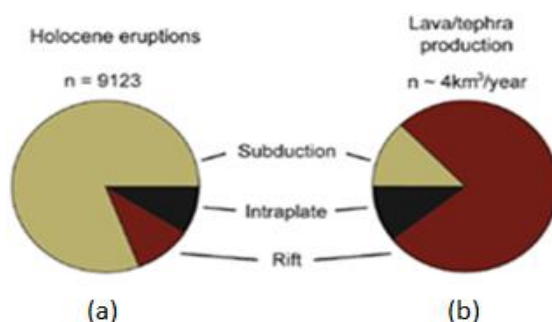
1. **Limites divergentes:** Nestes limites duas placas tectônicas afastam-se uma da outra em sentidos opostos e ocorre a formação de nova litosfera nas zonas de rifte. Na Figura 18 estes limites estão marcados a vermelho.
2. **Limites convergente:** Quando ocorre a aproximação de uma placa oceânica com uma placa continental, como a placa oceânica é mais densa mergulha sob a placa continental e forma-se uma zona de subducção. Se ocorrer a aproximação entre duas placas oceânicas é a placa mais densa, normalmente a portadora de crosta mais antiga, que mergulha. Por sua vez, da aproximação de duas placas continentais forma-se uma cadeia montanhosa. Na Figura 18 estes limites estão marcados a azul.
3. **Limites transformantes:** Neste tipo de limites as duas placas movem-se lateralmente uma em relação à outra. Normalmente nestas regiões não ocorrem fenómenos de vulcanismo. Na Figura 18 estes limites estão marcados a preto. (LaFemina, 2015).



**Figura 19.** Localização dos vulcões ativos no planeta Terra. Estão apenas representados os vulcões que ocorrem acima do oceano (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 321).

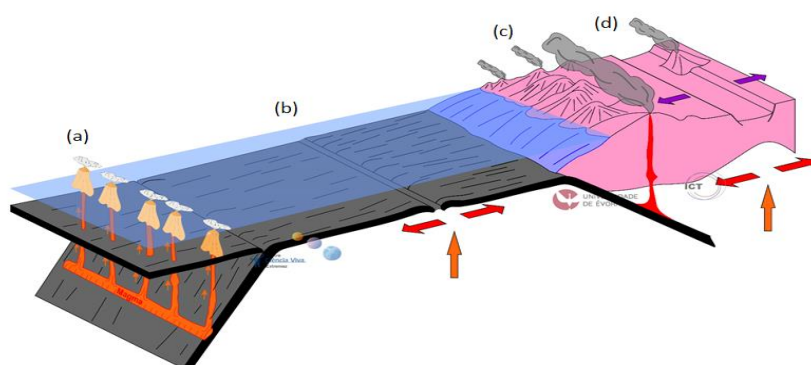
Através da análise da Figura 19 verifica-se que a maior parte os vulcões ativos visíveis encontram-se perto dos limites de placas, existindo algumas exceções como os vulcões presentes no interior das placas tectónicas. Cerca de 80% dos vulcões que se encontram acima do nível médio do mar localizam-se perto das fronteiras convergentes, 15% nas fronteiras divergentes e 5% no interior das placas (Figura 20a) (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008). No entanto, é nos rifts que ocorre a libertação da maior quantidade de materiais vulcânicos apesar deste tipo de

manifestação ser impercetível por ocorrer nos fundos oceânicos (Figura 20b) (Siebert, Cottrell, Venzke & Andrews, 2015).



**Figura 20.** (a) Distribuição dos vulcões nos limites de placas tectónicas; (b) Proporção de magma e tefra libertados nos limites de placas tectónicas (retirado de Siebert, Cottrell, Venzke & Andrews, 2015, p. 242).

Na Figura 21 estão esquematizados os limites convergentes e divergentes de acordo com a Teoria da Tectónica de Placas e as diferentes estruturas que se formam perto de cada limite de acordo com o tipo de placas. Na Figura 22 estão representadas as diferentes formações vulcânicas de acordo com o ambiente tectónico, que serão exploradas em seguida.



**Figura 21.** Representação de limites convergentes e divergentes de acordo com a Teoria da Tectónica de Placas. (a) Zona de convergência de duas placas oceânicas com a formação de uma zona de subducção e de um arco vulcânico; (b) Zona de divergência de duas placas oceânicas e formação de um rifte; (c) Zona de convergência de uma placa oceânica e de uma placa continental com a formação de uma zona de subducção e de um arco vulcânico continental; (d) Zona de divergência de duas placas continentais com a formação de um rifte continental (retirado de Dias, 2019, p. 32).

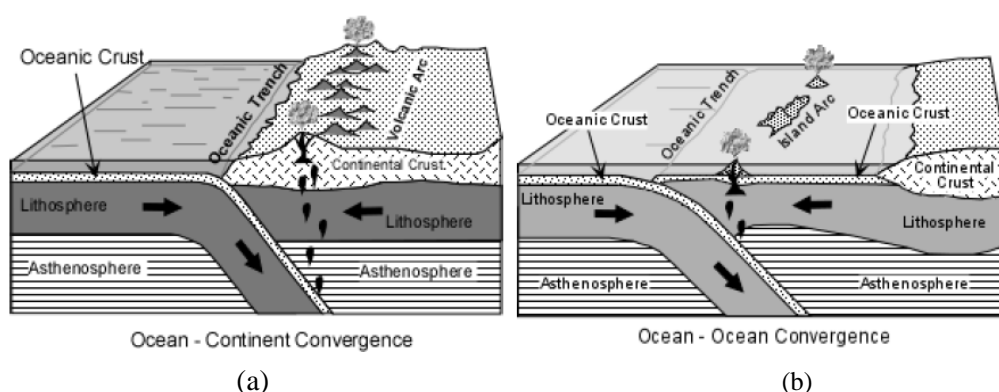


**Figura 22.** Formações vulcânicas de acordo com os ambientes tectónicos (retirado de Dias, 2019, p. 340).

### 1.4.1. Vulcanismo de subducção

O vulcanismo de subducção (Figura 23) ocorre perto dos limites convergentes. Nestas regiões ocorre a formação de magma através da fusão parcial da astenosfera por adição de voláteis (ver subcapítulo 1.2) (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008). Inicialmente ocorre a formação de magmas basálticos, mas a diferenciação magmática leva à sua evolução até magmas andesíticos ou félsicos. Estes magmas têm alto teor em sílica, baixas temperaturas e têm dificuldade em libertar os gases, sendo por isso viscosos (ver subcapítulo 1.3.1.1). Devido a estas características quando o magma ascende à superfície ocorrem erupções explosivas, formam-se estratovulcões, vulcões de escórias, domos e caldeiras.

A região do Anel do Fogo no Oceano Pacífico é uma das regiões do planeta onde a atividade sísmica e a atividade vulcânica explosiva é mais ativa uma vez que a maioria das margens do Pacífico são do tipo convergente (Nelson, 2015b).



**Figura 23.** Vulcanismo numa zona de subducção com a formação de magma através da fusão parcial por adição de voláteis. Este tipo de vulcanismo pode ocorrer (a) em limites convergentes entre uma placa oceânica e uma placa continental ou (b) entre duas placas oceânicas (retirado de Nelson, 2015b, p. 17).

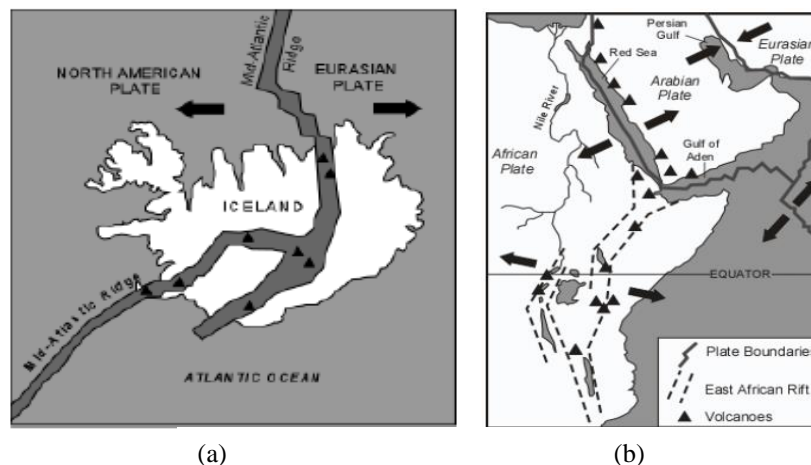
### 1.4.2 Vulcanismo de vale de rifte

Através do vulcanismo de vale de rifte ocorre a formação de nova litosfera nas zonas de divergência de placas (placa oceânica – placa oceânica ou placa continental – placa continental). Nestas regiões ocorre a formação de magma através de fusão parcial por descompressão do manto superior (ver 1.2) apresentando estes magmas composição basáltica (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).

Na Dorsal Médio Oceânica (Figura 24a), onde ocorre o afastamento de duas placas oceânicas, a maioria das erupções são efusivas devido à natureza basáltica do

magma, no entanto podem também ocorrer erupções do tipo estromboliano ou freatomagmáticas devido à interação com a água.

No Rife Africano (Figura 24b) ocorre o afastamento de duas placas continentais e a formação de magmas basálticos que podem evoluir para magmas félsicos podendo ocorrer erupções com momentos efusivos e explosivos (Nelson, 2015b).



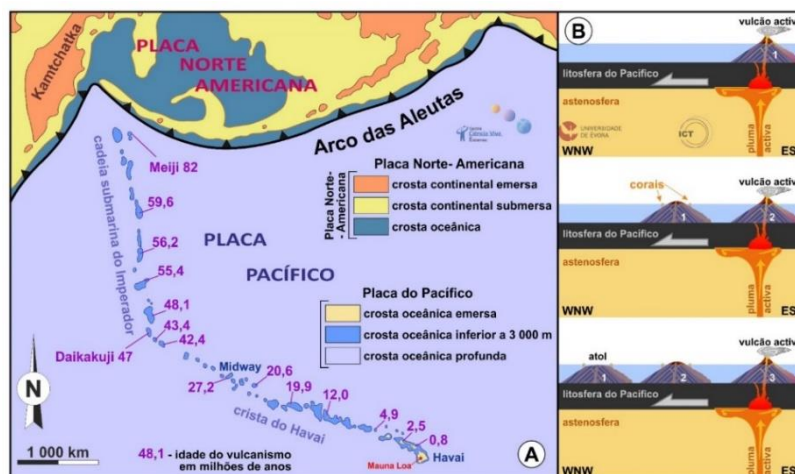
**Figura 24.** (a) Dorsal Médio Oceânica. Esta dorsal atravessa a Islândia, onde também existe um hot spot (b) Rife Africano. Nesta região o continente Africano está a ser dividido devido a forças distensivas (retirado de Nelson, 2015b, p. 16).

### 1.4.3 Vulcanismo intraplaca

Apesar da maioria da atividade vulcânica ocorrer perto de limites de placas, existem algumas exceções, como a existência de vulcões no interior das placas tectónicas. Nestas regiões ocorre a ascensão de uma pluma quente constituída por material quente e sólido. Estas plumas quentes são anomalias estacionárias que se formam devido a perturbações térmicas numa camada de transição do manto a 400-600 km ou, principalmente, na transição da fronteira manto-núcleo a 2900 km de profundidade. Quando a pluma quente ascende e atinge regiões do manto onde a pressão é menor formam-se magmas por descompressão e um *hot spot*. Se houver condições favoráveis à ascensão do magma à superfície, ocorrem manifestações de vulcanismo basáltico (ver subcapítulo 1.3.1.1) Os *hot spots* são estacionários, mas as placas tectónicas movem-se sobre este ponto quente. Assim, ao longo do tempo formam-se cadeias de vulcões, sendo que os vulcões que se encontram em cima do *hot spot* são os mais recente e vulcanicamente ativos e os que se afastam do ponto quente são os mais antigos e encontram-se inativos pois já estão afastados da fonte magmática (Figura 25b). Um exemplo de vulcanismo intraplaca é o do arquipélago do Havai

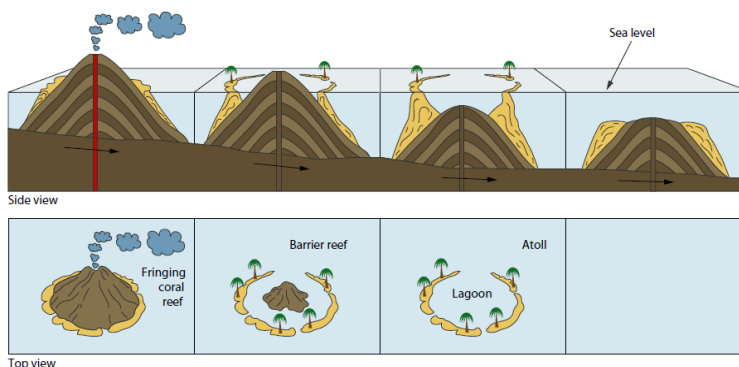


(Figura 25a). A distribuição de ilhas deste arquipélago é linear devido à deslocação da Placa do Pacífico sobre uma pluma térmica, que se encontra estacionária. Atualmente, a ilha do Havai é a única ilha com vulcanismo ativo por se encontrar sobre a pluma térmica. Devido à natureza basáltica dos magmas formados nesta região as erupções são efusivas e originam vulcões-escudo como o Mauna Loa, na ilha do Havai (Figura 12) (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015b; Siebert, Cottrell, Venzke & Andrews, 2015).



**Figura 25.** Vulcanismo intraplaca. Mecanismo de formação de uma cadeia linear de vulcões devido ao movimento de uma placa tectónica sobre um hot spot estacionário (retirado de Dias, 2019, p.128).

Os vulcões à medida que se afastam do ponto quente vão sofrendo erosão, passando pelo estado de atol, monte submarino e guyot (Figura 25 e 26). Um atol é considerado uma ilha vulcânica em forma de anel composta por recifes de corais. À medida que ocorre a erosão do vulcão, este pode acabar por ficar submerso, enquanto que o atol se continua a formar em águas profundas e tropicais. Os guyot são montes submarinos de topo aplanado que passaram pelo estado de atol e que atualmente se encontram abaixo do nível do mar (Staudigel & Koppers, 2015).



**Figura 26.** Evolução de uma ilha vulcânica localizada inicialmente sobre um hot spot. À medida que a placa tectónica se desloca a ilha deixa de ser vulcanicamente ativa passando pelo estado de atol, monte submarino e guyot (retirado de Staudigel & Koppers, 2015, p. 420).

## 1.5. Minimização de Riscos Vulcânicos – Monitorização e Prevenção

### 1.5.1 Perigos vulcânicos

O risco vulcânico relaciona-se com o impacto dos perigos vulcânicos na sociedade, na economia e nos terrenos, tendo em conta a resiliência de uma população após a exposição a fenómenos vulcânicos (Barclay, Haynes, Houghton & Johnston, 2015). Por sua vez, o perigo está relacionado com a probabilidade de um determinado evento destruidor ocorrer numa dada área num certo intervalo de tempo (Cabral, Ferreira, Gaspar & Queiroz, 2012).

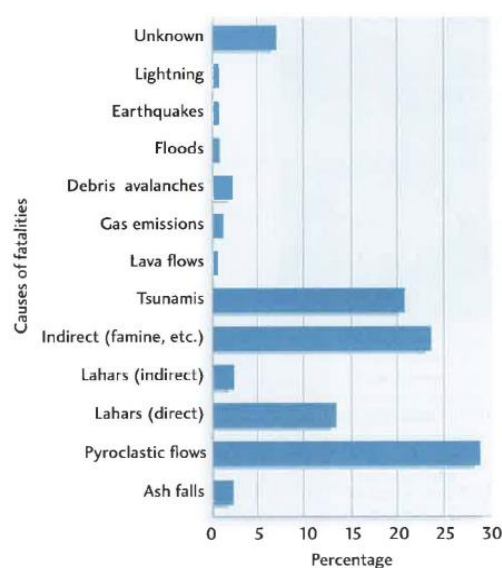
Existem cerca de 500-600 vulcões ativos no planeta e inúmeros perigos associados à atividade vulcânica (Figura 27) (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).

Os perigos diretos de uma erupção vulcânica são os derrames de lava, as fluxos piroclásticos, a queda de cinzas e as intoxicações devido às emissões gasosas.

Os derrames de lava afetam principal as populações que vivem perto de vulcões com atividade vulcânica mais efusiva, onde a lava é menos viscosa e, conseqüentemente, percorre grandes extensões rapidamente. Nos vulcões do Havaí este tipo de perigo é mais expressivo devido às características do vulcanismo já descrito (Nelson, 2015b).

As escoadas piroclásticas são fenómenos associados a erupções mais explosivas e resultam da formação de uma nuvem de cinzas e de gás que pode colapsar e percorrer as vertentes dos vulcões a elevada velocidade, sendo altamente destrutivas (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).

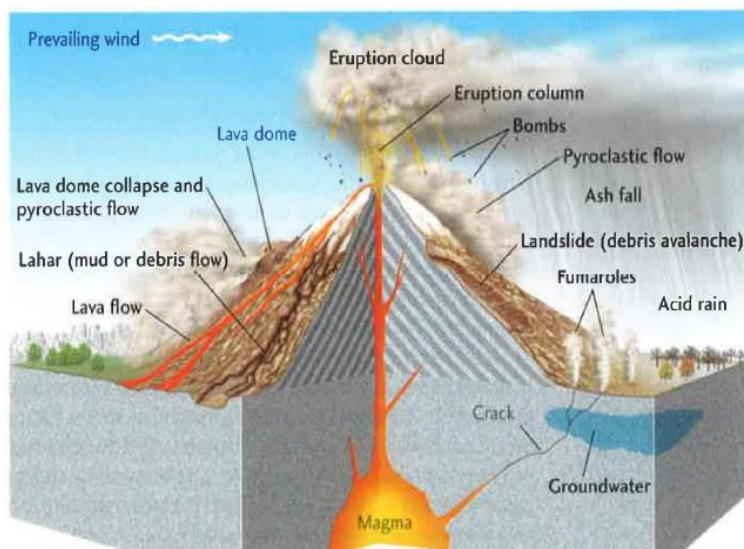
As quedas de cinzas também constituem um perigo direto da atividade vulcânica pois podem ser transportadas pelo vento até regiões distantes (Figura 9), destruir a vegetação, os terrenos agrícolas, matar animais e levar ao colapso de infraestruturas devido ao peso acumulado das cinzas.



**Figura 27.** Percentagem de fatalidades associadas aos perigos vulcânicos (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, 327).

Alguns dos gases libertados durante a erupção vulcânica podem ser tóxicos para as populações constituindo também um perigo vulcânico (Nelson, 2015b).

Os colapsos dos flancos dos vulcões também constituem um perigo vulcânico, que se ocorrerem em ilhas vulcânicas podem provocar tsunamis (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008).



**Figura 28.** Ilustração de alguns perigos vulcânicos associados às erupções vulcânicas (retirado de Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008, p. 327).

### ***1.5.2 Sinais precursores da atividade vulcânica***

Um dos trabalhos mais importantes para mitigar os perigos vulcânicos é estudar a história do vulcão, a sua geologia e a geologia da região. Com este conhecimento é possível prever como serão as erupções futuras, a sua frequência e os perigos vulcânicos. Através destas informações é possível construir mapas de perigosidade para se criarem planos de evacuação e de recuperação (Nelson, 2015b).

A monitorização e a identificação de sinais precursores da atividade vulcânica é uma das formas de mitigar os perigos vulcânicos. Esta monitorização resulta da análise de dados geológicos, geoquímicos e geofísicos, como por exemplo dados da atividade sísmica, da deformação do aparelho vulcânico, das emissões de gases e da temperatura.

A deteção de sismos vulcânicos é um dos sinais precursores mais fiáveis podendo indicar o início de uma erupção dentro de dias ou semanas (Pallister & McNutt, 2015). Estes sismos ocorrem devido à ascensão do magma a regiões mais superficiais da crosta, provocando na maioria das vezes deformações e fraturas no aparelho vulcânico (Nelson, 2015b).



O registo de deformações do aparelho vulcânico, através de medições periódicas horizontais e verticais, através de inclinómetros ou de métodos com recurso a GPS, podem indicar o início de uma erupção devido à dilatação do cone vulcânico durante a ascensão de magma (Pallister & McNutt, 2015; Nelson, 2015b).

A deteção de emissões anómalas de gases pelo vulcão ou através do estudo de fenómenos secundários de vulcanismo, pode ser um sinal precursor de uma erupção. Antes de uma erupção vulcânica ocorre, normalmente, o aumento da libertação de HCl, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e de vapor de água (Nelson, 2015b).

Os estudos gravimétricos permitem detetar anomalias como, por exemplo intrusões magmáticas. Os dados recolhidos devem ser complementados com dados recolhidos através de outras técnicas (Pallister & McNutt, 2015).

O estudo do fluxo térmico constitui também um registo importante para estudar a atividade vulcânica uma vez que a ascensão do magma para zonas mais superiores da crosta, aumenta o fluxo térmico à superfície que pode ser detetado com recurso a sensores de infravermelhos (Nelson, 2015b).

Através destes métodos é possível monitorizar a atividade vulcânica e, em alguns casos, prever o início das erupções. No entanto, nem sempre esta previsão é possível e alguns vulcões entram em erupção sem que tenham sido detetados sinais precursores (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008; Nelson, 2015b).

Após o início das erupções torna-se muito difícil controlar os perigos vulcânicos, sendo a evacuação das populações uma das medidas mais eficazes para minimizar os impactos nas comunidades. No entanto, em 1973, na ilha de Heimaey, na Islândia, foi possível controlar as escoadas lávicas através do arrefecimento da frente da escoada com água do mar o que permitiu salvaguardar um porto marítimo e algumas casas (Grotzinger, Jordon, Press & Siever, 2008). As escoadas lávicas também podem ser desviadas para zonas de menor valor económico através do uso de barreiras artificiais como utilizado em 1983, 1991-1993, 2001 e 2002 durante as erupções do Etna em Itália (Scifoni, *et al.*, 2010).

## **1.6. Caso de estudo – Vulcanismo da ilha do Fogo, Cabo Verde**

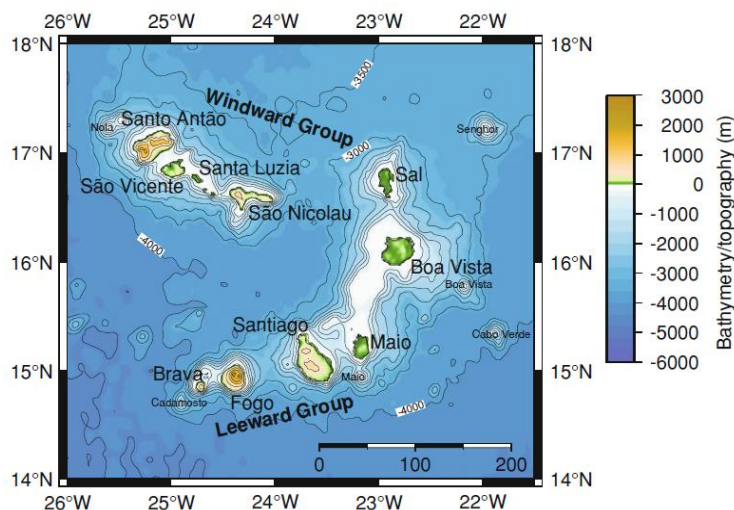
### ***1.6.1. O arquipélago de Cabo Verde***

O arquipélago de Cabo Verde situa-se no oceano Atlântico, na placa Africana, a 450-600 km a oeste da costa continental e a 2500 km a este da Crista Média Atlântica

(Madeira, Silveira, Mata & Mourão, 2009; Ramalho, 2011). O arquipélago é constituído por 10 ilhas e vários ilhéus e pertence ao grupo das ilhas Atlânticas, do qual também fazem parte os arquipélagos dos Açores, da Madeira e das Canárias (Alfama, 2007). Atualmente, 9 das 10 ilhas são habitadas, por 450.000 habitantes (Ramalho, 2011).

Tradicionalmente o arquipélago está dividido no grupo Barlavento, constituído pelas ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal e Boa Vista, e o grupo Sotavento, composto pelas ilhas de Maio, Santiago, Fogo e Brava. No entanto, de acordo com a análise batimétrica e observando o agrupamento submarino das ilhas estas podem agrupar-se na cadeia norte (Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia e São Nicolau) e na cadeia este-sul (Sal, Boa Vista, Maio, Santiago, Fogo e Brava) (Figura 29) (Ramalho, 2011).

Todas as ilhas do arquipélago são de origem vulcânica e apresentam um relevo acidentado. Contudo, as ilhas orientais (Sal, Boavista e Maio) apresentam formas mais aplanadas e atingem elevações máximas de apenas 450 m acima do nível do mar (Figura 29) por terem sofrido processos de erosão mais prolongados comparativamente com as ilhas a ocidente. Estes dados reforçam a hipótese de que as ilhas a oriente são mais antigas que as ilhas a ocidente (Alfama, 2007; Ramalho, 2011).



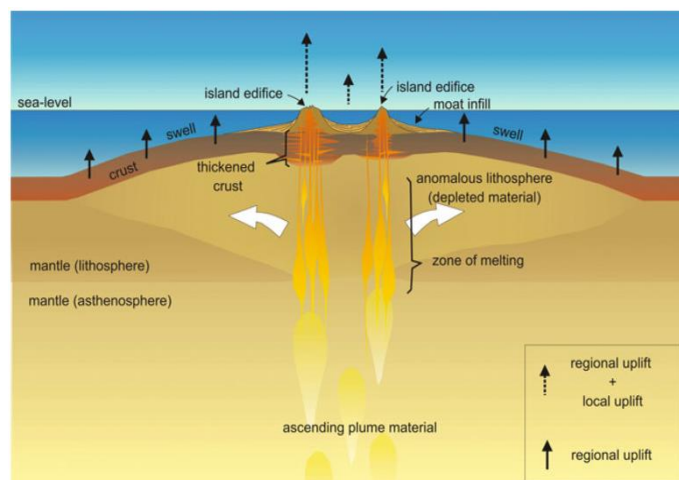
**Figura 29.** Mapa do arquipélago de Cabo Verde com a representação do relevo das diferentes ilhas. A partir da análise do mapa verifica-se que as ilhas a Oeste apresentam maior relevo que as ilhas a Este (retirado de Ramalho, 2011, p. 15).

Devido à localização do arquipélago o clima da região é árido e semiárido com longos períodos de seca. O clima é caracterizado por uma longa estação seca (de novembro a julho) e uma pequena estação húmida (de agosto a outubro). As condições áridas favorecem o escoamento superficial e a lavagem dos solos o que aumenta a erosão das formações rochosas. No entanto, as zonas mais montanhosas são mais

húmidas devido às precipitações ocultas, como é o caso da região de Chã das Caldeiras, na Ilha do Fogo (Alfama, 2007; Ramalho, 2011).

O arquipélago de Cabo Verde localiza-se sobre litosfera oceânica, datada entre 120-140 Ma, na placa Africana. A placa Africana encontra-se relativamente estacionária há 30 Ma pelo que a génese do arquipélago de Cabo Verde é diferente da registada no arquipélago do Havaiano. Assim, a formação de Cabo Verde ter-se-á iniciado no Oligoceno tardio ou no início do Miocénico, devido à existência de uma pluma térmica na região, que levou à formação de um *hot spot*, que desencadeou fenómenos de vulcanismo intraplaca, possivelmente ao longo de fraturas, formando-se os dois semi-arcs de vulcões que constituem o arquipélago. No entanto não existem evidências suficientes para suportar esta hipótese. O vulcanismo de Cabo Verde é essencialmente efusivo devido à presença de magmas alcalinos e pobres em sílica, formados através da fusão por descompressão do manto. Devido à atividade vulcânica, associada ao *hot spot*, ocorreu a elevação da litosfera e a formação de um domo com diâmetro de 1200-1600 km, que se eleva a 1,9-2,3 km acima do fundo oceânico na região do arquipélago (Figura 30) (Ramalho, 2011).

De acordo com o modelo para a elevação da região do arquipélago de Cabo Verde (Figura 30), esta elevação ocorreu devido a dois mecanismos. O primeiro a nível regional (assinalado como *regional uplift*) está relacionado com a dilatação da litosfera devido à ascensão da pluma térmica e, consequente fusão por descompressão dos materiais do manto litosférico originando magma que se espalha e acumula na região. O segundo mecanismo ocorre a nível local (assinalado como *regional uplift + local uplift*) e deve-se à acumulação de magma na crosta e à própria atividade vulcânica (Ramalho, 2011).



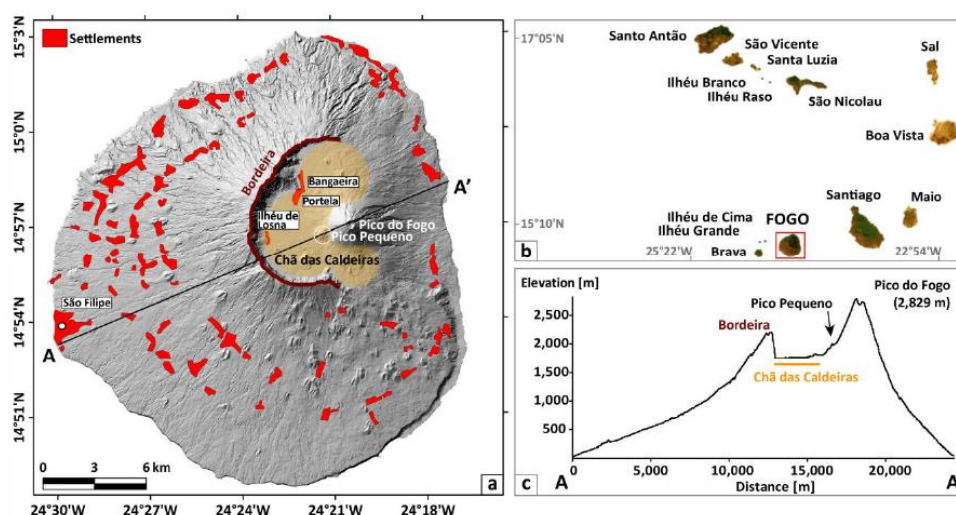
**Figura 30.** Modelo explicativo para a elevação da região do arquipélago de Cabo Verde (retirado de Ramalho, 2011, p. 204).

## 1.6.2 A Ilha do Fogo, Cabo Verde

### 1.6.2.1. Introdução ao vulcanismo da ilha do Fogo, Cabo Verde

A ilha do Fogo foi descoberta pelos portugueses em 1460, sendo que em 1500 já era povoada. Os seus habitantes dedicavam-se ao cultivo de algodão e à criação de gado. Atualmente, a ilha é constituída por três concelhos: S. Filipe, Mosteiros e Santa Catarina, sendo que a maioria da população vive da agricultura e da pecuária. S. Filipe é a capital e é onde se encontra a maior densidade populacional (Alfama, 2007).

A ilha do Fogo é a ilha mais recente do arquipélago de Cabo Verde e localiza-se no grupo Sotavento. Esta ilha tem a forma de cone vulcânico assimétrico, chamado Monte Amarelo, tem uma altitude máxima de 2829 m e 25 km de diâmetro. A caldeira no topo da ilha encontra-se deslocada para nordeste e é nesta região que se encontra a população de Chã das Caldeiras (Figura 31) (Martínez-Moreno *et al.*, 2018; Richter *et al.*, 2016).



**Figura 31.** (a) Mapa da ilha do Fogo: com a indicação da região de Chã das Caldeiras, do Pico do Fogo, do Pico Pequeno, da Bordeira, da capital São Filipe e das zonas habitacionais na ilha. (b) Localização geográfica da ilha do Fogo no arquipélago de Cabo Verde; (c) Perfil de elevação entre os pontos A-A': o Pico do Fogo atinge a altitude máxima de 2829 m (retirado de Richter *et al.*, 2016, p. 1927).

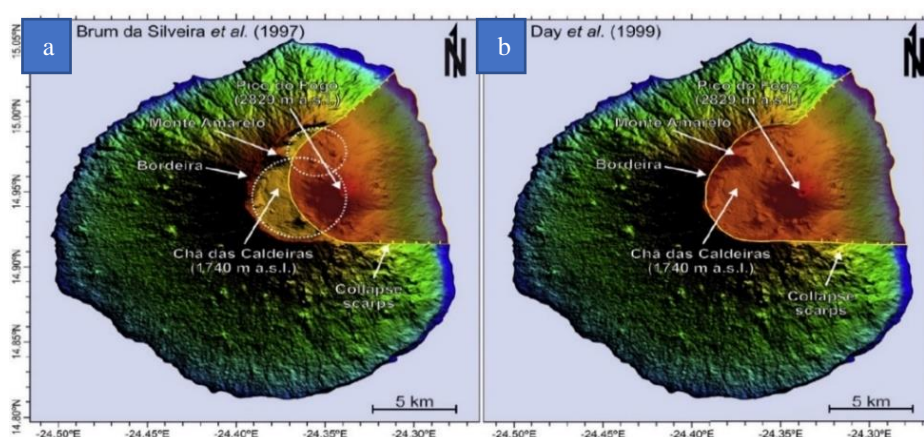
No flanco Este do vulcão Monte Amarelo ocorreram um ou mais colapsos (Day, Silva & Fonseca, 1999; Martínez-Moreno *et al.*, 2018; Ramalho *et al.*, 2015) há aproximadamente 73 mil anos de anos (Ramalho, *et al.*, 2015) o que levou à formação de uma escarpa a Oeste da caldeira, com declive quase vertical e que em alguns pontos atinge os 1000 metros de altura, chamada “Bordeira”. Na região Este não existe Bordeira devido a estes colapsos (Richter *et al.*, 2016). Dentro da depressão provocada por estes colapsos formou-se o estratovulcão Pico do Fogo que constitui o ponto mais

alto da ilha, a 2829 m de altitude. A atividade vulcânica principal neste vulcão ocorre atualmente através de atividade fissural, e posterior formação de cones adventícios, no sopé do vulcão e na planície de Chã das Caldeiras. Nas últimas duas erupções, em 1995 e 2014-2015, no flanco WSW do Pico do Fogo formou-se um cone adventício ativo chamado Pico Pequeno (Carracedo *et al.*, 2015, Richter *et al.*, 2016).

#### 1.6.2.2 Colapsos da vertente do vulcão Monte-Amarelo e formação do Pico do Fogo

Existem duas hipóteses para a formação da depressão em Chã das Caldeiras. De acordo com Brum da Silveira *et al.* (1997) esta depressão resulta da formação de duas caldeiras de abatimento, uma a sudoeste com 6 km de diâmetro e outra a norte com 3,5 km de diâmetro. Posteriormente, um ou dois colapsos (Brum da Silveira & Madeira, 2006) permitiram aumentar a depressão (Figura 32a) (Martínez-Moreno *et al.*, 2018). Segundo Day *et al.* (1999) ocorreu um grande colapso e, consequentemente formou-se a depressão e a Bordeira (Figura 32b) (Martínez-Moreno *et al.*, 2018).

Após este evento a atividade intracaldeira preencheu a depressão e a formou-se o vulcão do Pico do Fogo (Brum da Silveira & Madeira, 2006; Cabral, Ferreira, Gaspar & Queiroz, 2012; Day, Silva & Fonseca, 1999). Segundo Ramalho *et al.*, (2015) foram encontrados depósitos tsunamigénicos, na ilha de Santiago, com origem num tsunami, que ocorreu há cerca de 73 mil anos, que se terá formado devido ao colapso do flanco Este do vulcão Monte Amarelo.



**Figura 32.** Hipóteses para o colapso do flanco este do vulcão Monte-Amarelo (retirado de Martínez-Moreno *et al.*, 2018, p. 153).

### *1.6.2.3 Atividade vulcânica no Pico do Fogo*

Atualmente, na ilha do Fogo, as manifestações de vulcanismo principal ocorrem através do vulcão do Pico do Fogo. O vulcão do Pico do Fogo é um estratovulcão que se formou devido à acumulação de lapilli basáltico através de erupções vulcânicas do tipo central. O crescimento em altura deste vulcão cessou no ano de 1750 quando o vulcão atingiu a sua altura crítica, impossibilitando a libertação de magma pela cratera, passando a ocorrer erupções fissurais no sopé do vulcão, tal como aconteceu nas últimas erupções com a formação de cones adventícios como o vulcão do Pico Pequeno (Carracedo *et al.*, 2015).

As últimas duas erupções do Pico do Fogo ocorreram em 1995 e em 2014-2015. Estas duas erupções desenvolveram-se através de fissuras no flanco WSW do Pico do Fogo. A erupção de 1995 começou a 2 de abril através de uma fissura no Pico Pequeno, a atividade eruptiva foi estromboliana e as escoadas lávicas levaram à destruição de terrenos agrícolas e de habitações, o que obrigou a que a população de Chã das Caldeiras fosse evacuada. Esta erupção terminou a 26 de maio de 1995. A última erupção começou no dia 23 de novembro de 2014 numa fissura paralela à que se formou durante a erupção de 1995 tendo sido libertados diversos materiais vulcânicos como piroclastos, gases e fluxos de lava. Nesta última erupção foram registados momentos efusivos e explosivos e, apesar de inicialmente terem surgido seis aberturas, a atividade mais ativa ocorreu numa fissura perto do Pico Pequeno a partir da qual se desenvolveram fluxos de lava que destruíram as infraestruturas e os terrenos agrícolas em Portela, Bangeira e Ilhéu de Losna. Esta erupção terminou a 8 de fevereiro de 2015 (Richter *et al.*, 2015).

### *1.6.2.4 Perigos vulcânicos associados à ilha do Fogo*

Os principais perigos vulcânicos na ilha do Fogo são os sismos, as erupções vulcânicas e os movimentos de massa, que podem originar tsunamis. Além disso, nas erupções de 1951 e 1995 foram identificados perigos vulcânicos associados à projeção de piroclastos de queda, à libertação de gases vulcânicos e à extrusão de escoadas lávicas. Os primeiros podem levar à ocorrência de acidentes relacionados com a quedas de piroclastos, os segundos afetar o tráfego aéreo e provocar problemas respiratórios e os últimos, destruir terrenos agrícolas, habitações e infraestruturas,

especialmente na região de Chã das Caldeiras (Cabral, Ferreira, Gaspar & Queiroz, 2012).

O vulcão do Pico do Fogo é vulcanicamente ativo sendo essencial monitorizar a sua atividade. Antes da erupção de 2014-2015 houve um esforço por parte da Universidade de Cabo Verde, do Instituto Tecnológico de Energias Renováveis de Tenerife e de outras instituições internacionais para aumentar a investigação científica e melhorar a monitorização do vulcão, para aumentar a capacidade de previsão e de intervenção do Serviço Nacional de Proteção Civil da região (UNICV, 2014) e mitigar os perigos vulcânicos anteriormente descritos.

A última erupção do Pico do Fogo começou a 23 de novembro de 2014 e foram registados alguns sinais precursores da atividade vulcânica. Nos dias 20, 21 e 22 de novembro foram registados sismos de forte intensidade, e meses antes do início da erupção foram registadas emissões anómalas de CO<sub>2</sub> (UNICV, 2014).

Ao comparar os dados das últimas duas erupções no Pico do Fogo verifica-se que o perigo vulcânico, associado à extrusão de escoadas lávicas, não aumentou significativamente. Em 1995 a área coberta pelos derrames foi de 4,1 km<sup>2</sup> e o volume do derrame lávico foi entre 60-100 milhões de toneladas. Por sua vez, na erupção de 2014-2015, a área coberta pelos derrames lávicos foi de 4,7 km<sup>2</sup> e o volume do derrame foi entre 100-120 milhões de toneladas. No entanto, o número de habitantes em Chã das Caldeiras aumentou de 697 habitantes (2010) para 1100 habitantes (2014), aumentando assim o risco vulcânico (INE Cabo Verde; Plano de Gestão do PNF como citado em Madeira, 2015).

#### *1.6.2.5 Contexto socioeconómico da população de Chã das Caldeiras*

Chã das Caldeiras começou a ser povoada no fim do séc. XIX ou no início do séc. XX por ser uma região, onde o microclima e a proximidade ao vulcão, permitia o desenvolvimento da agricultura nos terrenos férteis. Atualmente, a população de Chã das Caldeiras continua a subsistir da agricultura e da pecuária, sendo o cultivo da uva e a produção de vinho um dos meios economicamente mais rentáveis para a comunidade local. Além disso, o turismo e o artesanato são atividades que auxiliam a economia, empregando cada vez mais jovens. No entanto, esta população vive numa zona de elevado risco vulcânico, onde a maioria das infraestruturas e dos terrenos agrícolas são destruídos a cada erupção. Além disso, como esta comunidade se



encontra distante do centro municipal e de outras populações apresenta características sociais e económicas particulares e meios de subsistência característicos. Estes fatores e a ligação emocional ao vulcão fortalecem o vínculo desta população à região de Chã das Caldeiras (PDNA, n.d).

Antes da erupção de 2014-2015 Chã das Caldeiras compreendia seis localidades: Ilhéu de Losna, Cova Tina, Pico do Vulcão, Bordeira, Portela e Bangaeira. Nestas duas últimas localidades viviam mais de 90% dos habitantes de Chã das Caldeiras. A última erupção de 2014-2015 destruiu infraestruturas e afetou os serviços sociais e produtivos. Em Portela e Bangaeira a maioria das habitações foram destruídas (cerca de 206 habitações), assim como todas as infraestruturas públicas essenciais como escolas, hotéis, o centro de saúde, estruturas desportivas, igrejas e estradas, e 208 hectares de terrenos agrícolas. Além disso, a sede e o centro de visitantes do Parque Natural do Fogo, construídos em maio de 2014, foram também destruídos (Figura 33) (PDNA, n.d).

Após a erupção de 1995 o governo, ao reconhecer que esta população vivia em risco, tentou realojar os habitantes de Chã das Caldeiras nas vilas de Achada Furna e Monte Grande. No entanto, devido à forte ligação ao vulcão e às dificuldades económicas sentidas fora da caldeira por falta dos meios de subsistência de que estavam dependentes, a população acabou por voltar para a região. Aliás, houve um aumento populacional na região de Chã das Caldeiras desde o ano de 1995. Na última erupção de 2014-2015, após a evacuação dos habitantes, estes regressaram novamente para a caldeira, reconstruindo as suas casas e retomando as atividades agrícolas nos terrenos que não foram afetados pelas escoadas lávicas (PDNA, n.d).



**Figura 33.** Destruição das localidades de Chã das Caldeiras, pelo avanço das escoadas lávicas, durante a erupção do Pico do Fogo em 2014-2015 (imagem retirada de Infopress, 2018).



## **2. Enquadramento Curricular da Unidade Didática**

A presente planificação didática insere-se no Tema III – Compreender a estrutura e a dinâmica da geosfera, da Unidade 2 – Vulcanologia, do programa de Biologia e Geologia do 10.º ano (Mendes, Rebelo & Pinheiro, 2001) e foi idealizada de acordo com as Aprendizagens Essenciais da disciplina (Ministério da Educação, 2018), o Perfil dos Alunos (Ministério da Educação, 2017) e segundo as orientações do programa de Biologia e Geologia (Mendes, Rebelo & Pinheiro, 2001).

O documento das aprendizagens essenciais sugere como aprendizagens transversais, para o 10.º ano da disciplina de Biologia e Geologia, a pesquisa e a sistematização de informação para a construção do conhecimentos, a exploração de acontecimentos para explorar a natureza do conhecimento científico, a interpretação de estudos experimentais com controlo de variáveis dependente e independente, a formulação e comunicação de opiniões críticas e cientificamente fundamentadas sobre questões de cariz CTSA e a articulação dos conhecimentos de diferentes disciplinas para aprofundar os conhecimentos em ciência (Ministério da Educação, 2018).

Com base no mesmo documento, os alunos devem desenvolver na unidade do vulcanismo as seguintes aprendizagens essenciais:

- Relacionar a composição das lavas (ácidas, intermédias e básicas), o tipo de atividade vulcânica (explosiva, mista e efusiva), os materiais expelidos e a forma dos edifícios vulcânicos, em situações reais;
- Explicar (ou prever) as características dos magmas e da atividade vulcânica de acordo com a teoria da Tectónica de Placas;
- Distinguir vulcanismo ativo de inativo;
- Localizar a atividade vulcânica em Portugal e os seus impactos socioeconómicos;
- Planificar atividades laboratoriais que simulem aspetos de atividade vulcânica;
- Analisar dados de vulcanismo em Portugal e no planeta Terra de acordo com a Teoria da Tectónica de Placas, tendo em conta os riscos geológicos associados.

Por sua vez, o programa do 10.º ano determina os seguintes objetivos para a unidade do vulcanismo (Mendes, Rebelo & Pinheiro, 2001):

- Reconhecer as principais causas que estão na origem das erupções vulcânicas;
- Enquadrar os fenómenos vulcânicos na teoria da tectónica de placas;
- Avaliar os riscos associados às erupções vulcânicas;
- Localizar as regiões com maior atividade vulcânica no planeta Terra;
- Compreender a necessidade de cumprir as normas gerais de segurança para minimizar os efeitos da atividade interna da Terra.

### **Articulação das Aprendizagens Transversais e Essenciais com o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória**

O Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Ministério da Educação, 2017), construído de acordo com os princípios humanísticos, do saber, da aprendizagem, da inclusão, da coerência e flexibilidade, da adaptabilidade e ousadia, da sustentabilidade e da estabilidade, inclui também um conjunto de áreas de competências e de valores que devem ser integrados ao longo da escolaridade.

De acordo com o documento das aprendizagens essenciais (Ministério da Educação, 2018) existem áreas de competências que devem ser trabalhadas na disciplina de Biologia e Geologia e que se encontram presentes no Perfil dos Alunos: a) Linguagens e textos; b) Informação e comunicação; c) Raciocínio e resolução de problemas; d) Pensamento crítico e pensamento criativo; e) Relacionamento interpessoal; f) Desenvolvimento pessoal e autonomia; g) Bem-estar, saúde e ambiente; h) Sensibilidade estética e artística; i) Saber científico, técnico e tecnológico e j) Consciência e domínio do corpo (Ministério da Educação, 2017).

A articulação das competências descritas no Perfil dos Alunos com as Aprendizagens Essenciais permitiu identificar as competências a constar nas planificações da unidade didática (Apêndice A) e a desenvolver no decurso da intervenção (Quadro 2). As atividades realizadas no decurso da intervenção tiveram como objetivo permitir o desenvolvimento das competências descritas no Quadro 2, respeitando os documentos curriculares adotados.

**Quadro 2.** Articulação do perfil dos alunos com as aprendizagens transversais e essenciais.

Perfil do aluno	Competências articuladas com as aprendizagens transversais e essenciais
Linguagens e textos	- Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais; - Comunicação.
Informação e comunicação	- Pesquisa e síntese de informação; - Transformação de informação em conhecimento.
Raciocínio e resolução de problemas	- Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões.
Pensamento crítico e pensamento criativo	- Argumentação de forma informada; - Compreensão de informações de natureza científica e humanística - Avaliação do impacto das suas decisões; - Criação de soluções a partir da interação com os outros ou da reflexão pessoal.
Relacionamento interpessoal	- Cooperação e colaboração com os colegas; - Interação com tolerância, empatia e responsabilidade;
Desenvolvimento pessoal e autonomia	- Autonomia.
Saber científico, técnico e tecnológico	- Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões; - Manipulação de variáveis; - Formulação de hipóteses; - Criação de produtos; - Manipulação das tecnologias de informação e comunicação.

### 3. Intervenção Didática

#### 3.1. Ensino Remoto de Emergência

A 12 de março foi anunciado o fecho das escolas devido à pandemia de Covid-19, sem que tenha sido indicada uma data para a sua reabertura, tendo o ensino continuado à distância. Mais tarde, o governo português declarou que o ensino presencial só retomaria no dia 18 de maio, para os alunos que realizariam exames nacionais no ano de 2020. Assim, a presente intervenção, com alunos do 10.º ano, foi realizada num contexto de ensino remoto de emergência.

Por todo o mundo verificou-se a adoção desta estratégia para permitir que os alunos continuassem a aprender apesar do contexto pandémico. Um dos problemas desta estratégia é que os diferentes contextos socioeconómicos dos alunos poderiam contribuir para o aumento da iniquidade e para o abandono escolar, não só durante o período de pandemia, mas num futuro pós-pandémico. Em Portugal o levantamento estatístico de acesso à internet e a equipamentos eletrónicos evidenciou estas desigualdades. Além disso, alguns professores tiveram dificuldade em comunicar com

os alunos devido à falta de recursos digitais (Flores & Gago, 2020). Em alguns locais foi possível facultar estes recursos, noutros locais os professores conseguiram enviar atividades para os alunos através da escola. O programa *#EstudoEmCasa* transmitido na televisão teve como objetivo apaziguar as desigualdades de acesso ao ensino. A Direção Geral de Educação disponibilizou um documento com os “8 Princípios Orientadores para a Implementação do Ensino a Distância (E@A) nas Escolas” (Flores & Gago, 2020). O objetivo destas medidas eram “*garantir que todas as crianças e todos os alunos continuam a aprender no presente contexto ... tendo em conta a sua realidade e o curto espaço de tempo de que dispõem.*” (DGE, 2020).

De acordo com as estratégias adotadas pela escola, pela professora cooperante e segundo os documentos orientadores da DGE (2020) delineei alguns princípios para tentar garantir que todos os alunos conseguiriam *aprender no presente contexto*:

- 1- Identificar os recursos digitais a que os alunos tinham acesso;
- 2- Definir e disponibilizar a planificação das aulas, assim como as datas de entrega dos trabalhos através dos diferentes meios de comunicação (aulas síncronas, email e *site*). As datas de entrega das atividades eram flexíveis e podiam ser ajustadas de acordo com os trabalhos dos alunos a outras disciplina, com a autorização da professora cooperante;
- 3- Gravar vídeo-aulas com os conteúdos para garantir que os alunos tinham acesso a uma forma alternativa de aprender os conteúdos caso não tivessem disponibilidade para comparecer nas sessões síncronas devido a problemas relacionados com a pandemia e quisessem continuar a acompanhar os conteúdos. Além disso, este meio permite aos alunos rever os temas abordados nas aulas síncronas;
- 4- Potenciar o envolvimento e a participação ativa dos alunos nas sessões síncronas, através do questionamento, de momentos de *Checkpoint* como forma de avaliação formativa, da discussão de vídeos/animações e discussão e reflexão nas diferentes etapas do exercício de tomada de decisão;
- 5- Garantir uma correta relação pedagógica entre professor-aluno, de forma a potenciar a aprendizagem reforçando que estaria disponível, sem restrições de horários, para responder às dúvidas que surgissem;
- 6- Garantir que os emails com as dúvidas dos alunos seriam respondidos em tempo útil para assegurar o apoio pedagógico;

- 7- Disponibilizar todos os recursos num local único, no *site* criado para a intervenção (Apêndice B), incluindo sumários, fichas, vídeos, documentos, datas, planificações e todos os critérios de avaliação;
- 8- Garantir que os alunos tinham oportunidade de melhorar os trabalhos mais do que uma vez\*, por se compreender que neste contexto é mais desafiante para os alunos perceberem os enunciados e porque os alunos necessitam de mais apoio para a concretização das atividades nos momentos assíncronos.

\* Na atividade 4, devido ao tempo disponível, os alunos melhoraram uma vez o trabalho.

Hodges, Moore, Lockee, Trust e Bond (2020) reforçam que existem diferenças entre o ensino a distância tradicional e o ensino remoto de emergência. Vários estudos evidenciam que com o correto planeamento o ensino online contribui positivamente para a aprendizagem dos alunos, apesar desta forma de ensino ser ainda desvalorizada. No estado de emergência que vigorou, o ensino online estruturado não se generalizou a nível global, devido ao pouco tempo disponível para o seu planeamento. Segundo os mesmos autores preparar um curso universitário online demora entre seis e nove meses. Desta forma, estes autores definiram o ensino remoto de emergência como uma forma alternativa de lecionar em situação de crise, com o objetivo de permitir o acesso à educação de forma rápida numa altura de emergência. Nesta estratégia, o ensino deixa de ser presencial para ocorrer online, retomando ao formato normal quando as circunstâncias o permitirem. Assim, é importante não comparar diretamente o ensino a distância tradicional com o ensino remoto de emergência pois o processo e os resultados serão diferentes devido às circunstâncias impostas.

Após o fim do ano letivo surgiram artigos de investigação sobre o impacto desta estratégia na aprendizagem dos alunos. Segundo Flores e Gago (2020) a participação dos alunos portugueses nas atividades diminuiu prejudicando a aprendizagem. Petillion e McNeil (2020) verificaram, num estudo com alunos universitários, que a rápida transição para o ensino remoto de emergência, teve impactos negativos nos alunos ao nível da aprendizagem, no envolvimento, na motivação e na saúde mental devido ao aumento do stress e da ansiedade, pois nem professores nem alunos tiveram tempo ou preparação prévia para se adaptar a esta estratégia. Uma das explicações apontadas para a diminuição do interesse dos alunos foi a falta de interação e de comunicação entre professores e entre os próprios alunos. Os testes realizados online tiveram um impacto negativo e contribuíram para o

aumento da ansiedade. No entanto, os mesmos autores verificaram que as aulas gravadas, as atividades síncronas onde os alunos tinham um papel ativo foram importantes para os estudantes e contribuíram para o seu envolvimento, aprendizagem e produtividade. Neste contexto, Gares, Kariuki e Rempel (2020) verificaram um aumento inesperado no envolvimento dos alunos justificando-o com a forte relação pedagógica entre professores-alunos. Além disso, estes professores garantiram o contacto regular com os alunos, definiram datas flexíveis para a entrega dos trabalhos, realizaram *feedback* aos trabalhos dos alunos e discutiram as suas dificuldades.

Após esta experiência é essencial preparar o futuro próximo para que a educação não seja prejudicada com esta ou futuras crises. É necessário identificar e refletir sobre o que correu bem e mal durante os últimos meses de forma a planear da melhor forma a resposta às próximas crises onde seja necessário recorrer ao ensino remoto de emergência (Hodges, Moore, Lockee, Trust & Bond, 2020).

### **3.2. Organização da Intervenção**

A intervenção decorreu entre o dia 05 de maio de 2020 e 01 de junho de 2020 com momentos síncronos (aulas assinaladas a verde no Quadro 3) através da aplicação *Zoom*, e com momentos assíncronos (aulas assinaladas a azul no Quadro 3) onde os alunos desenvolveram as atividades propostas sempre com vários meios de comunicação disponíveis e sem restrição de horário para o esclarecimento das dúvidas com a professora. Os alunos tinham como meios de comunicação disponíveis o email, as videochamadas e os fóruns de discussão do *site*, no entanto privilegiaram o email.

A planificação foi organizada inicialmente de acordo com a planificação anual da disciplina tendo sido posteriormente adaptada para o contexto de ensino remoto. Além disso, com a autorização da professora cooperante e atendendo à reformulação das datas do ano letivo, foi possível adaptar a planificação durante a intervenção de acordo com os trabalhos dos alunos a outras disciplinas, fornecendo aos alunos mais tempo para a realização das atividades.

A intervenção compreende duas fases: (1) Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão e (2) Fase de Exercício de Tomada de Decisão. A investigação foca-se na Fase de Exercício de Tomada de Decisão e tem como objetivo de compreender as potencialidades educativas de exercícios de tomada de decisão no ensino do vulcanismo, numa turma de Biologia e Geologia do 10.º ano. O foco da investigação

compreende as aulas de 7 a 18, no entanto as aulas da Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão, foram importantes para que os alunos adquirissem conhecimentos base pois o vulcanismo de Cabo Verde é muito desafiante devido às suas particularidades.

**Quadro 3.** Calendarização e sumário das aulas lecionadas (Verde – Síncronas; Azul – Assíncronas).

	Aula		Data	Sumário
Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão	1		05/05 3ª feira	- Início do estudo do vulcanismo - Vulcanismo primário e secundário. - Erupção vulcânica efusiva.
	2 e 3		05/05- 11/05	- <b>Atividade experimental:</b> Fatores que influenciam a viscosidade da lava - <i>Qual a influência da temperatura e do conteúdo em sílica na viscosidade da lava?</i>
	4		06/05- 07/05	- Vulcanismo secundário.
	5 e 6		08/05 6ª feira	- Erupção vulcânica explosiva. - Vulcões e as placas tectônicas. - <b>Atividade Google Earth Pro:</b> estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon.
Fase de Exercício de Tomada de Decisão	Fase Pré-decisão	7 e 8	12/05 3ª feira	- Introdução ao <b>exercício de tomada de decisão:</b> <i>Por que vive a população de Chã de Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i>
		9, 10, 11 e 12	12/05- 22/05	- <b>Atividade 1:</b> Exploração da ilha do Fogo no Google Earth; - <b>Atividade 3:</b> Investigação dos especialistas.
		13*	15/05 6ª feira	- Formação de tsunamis devido a deslizamento de vertentes de vulcões. - Reunião com os especialistas de cada grupo. - <b>Atividade 2:</b> Análise de mapas de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo e Pico Pequeno.
		14	22/05 6ª feira	- Minimização de riscos vulcânicos – previsão e prevenção. - Início das <b>atividades 4:</b> Tomada de decisão e estruturação dos argumentos e <b>atividade 5:</b> Podcasts.
	Fase decisão	15, 16 e 17	22/05- 28/05**	- <b>Atividade 4:</b> Tomada de decisão e estruturação dos argumentos.
	Fase pós-decisão		22/05- 01/06**	- <b>Atividade 5:</b> Podcasts.
		18	29/05 6ª feira	- <b>Atividade 6:</b> Discussão da controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i> - Reflexão sobre o exercício de tomada de decisão.

\* A aula 13 corresponde a 3 reuniões de 50 minutos com cada grupo de especialistas.

\*\* Nas aulas 15, 16 e 17 foram realizadas duas atividades com datas de entrega finais diferentes.

### 3.3. Concepções alternativas dos alunos sobre o vulcanismo

Segundo a teoria de Ausubel a estrutura cognitiva do indivíduo influencia a aquisição de novos conceitos (Peña *et al.*, 1994), sendo que estes só são apreendidos se se relacionarem com os conceitos prévios (Novak, 1981), através de âncoras conceptuais. Se os novos conceitos entrarem em conflito com os conceitos prévios as novas informações podem não ser adquiridas (Peña, *et al.*, 1994). O professor deve identificar as concepções alternativas dos alunos para estruturar o ensino de forma a alterá-las de acordo com o conhecimento cientificamente aceite (Bybee, 2002) e para facilitar a aprendizagem. Os alunos devem ter uma atitude ativa procurando relacionar os novos conceitos com as informações pré-existentes (Peña *et al.*, 1994).

Parham Jr. *et al* (2010) identificaram algumas concepções alternativas sobre o vulcanismo no seu estudo com alunos universitários. Neste estudo apesar de metade dos alunos compreender que a distribuição dos vulcões no mundo está relacionada com a tectónica de placas, a outra metade não foi capaz de fazer esta associação ou acredita que a distribuição dos vulcões é aleatória. Além disso, alguns alunos associaram a formação de todos os vulcões à formação de ilhas ou à necessidade de se formarem perto de água. Os autores verificaram que vários alunos referem que os vulcões ocorrem perto do equador, em climas tropicais, e que outros acreditam que os vulcões se formam devido ao terreno acidentado, rochoso ou montanhoso. No entanto, a maioria destes alunos compreendia que os vulcões não têm todos a mesma forma e sabia diferenciar os conceitos de magma e lava. Além disso, alguns alunos compreendiam que o vapor de água aumentava a explosividade das erupções, apesar de não identificarem outros fatores que contribuem para o aumento deste fenómeno. Os alunos deste estudo tiveram dificuldades em desenhar e em identificar a estrutura interna dos vulcões.

Antes da intervenção os alunos responderam a um questionário diagnóstico (Apêndice C) para se identificar as concepções alternativas e os seus conhecimentos prévios. A análise dos resultados sobre as concepções alternativas dos alunos encontra-se presente na secção V.



### **3.4. Estratégias de Ensino**

Ao longo da intervenção foram adotadas diferentes estratégias de ensino uma vez que não existe uma estratégia universal que seja adequada às características de todos os alunos. Assim, alterar estratégias ao longo da sequência didática é intencional e tem como objetivo potenciar a aprendizagem de um maior número de alunos.

#### **3.4.1. Fase Pré-Exercício de Tomada de Decisão**

Devido à complexidade do vulcanismo da ilha do Fogo em Cabo Verde a Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão foi importante para que os alunos adquirissem as competências essenciais para a Fase de Exercício de Tomada de Decisão. Foram adotadas várias estratégias para motivar e potenciar a aprendizagem dos alunos, tendo sido consideradas as suas conceções alternativas (ver capítulo III – subcapítulo 3.3).

#### **Atividades com recurso ao PowerPoint**

Nas sessões síncronas 1 e 5-6 os conteúdos foram introduzidos com recurso a PowerPoints (exemplo Apêndice D), no entanto foram utilizadas várias estratégias nestas sessões para promover o envolvimento ativo dos alunos nomeadamente através da estratégia de questionamento e discussão dos conteúdos. Foram também utilizados vídeos e animações para introduzir ou aprofundar os conteúdos, sendo que esta estratégia foi importante para que os alunos conseguissem comparar o que observavam com os conhecimentos prévios e/ou os novos conhecimentos. Os momentos de *Checkpoint*, onde os alunos resumiam o que tinham aprendido até ao momento constituíram um momento de avaliação formativa, não só para que a professora compreendesse se os conteúdos estavam a ser corretamente apreendidos, mas também para que os alunos refletissem sobre as aprendizagens e dificuldades. Além disso, esta estratégia permite que os alunos desenvolvam competências de síntese e de metacognição (adaptado de Lopes e Silva, 2012, p. 121). Ao longo destas sessões, e de acordo com as conceções alternativas identificadas anteriormente, a professora tentou através do questionamento, verificar se após a introdução dos novos conteúdos ocorria uma mudança conceptual. Além disso, e de acordo com a questão #8, antes da introdução de novos conteúdos, se a professora sabia que algum aluno conseguia explorar de certa forma o novo conteúdo (porque o abordou na questão #8) perguntava ao aluno se não gostaria de começar por explorar o tema. Todas estas estratégias

tinham como objetivo promover o envolvimento ativo dos alunos nas sessões síncronas, por se compreender que a simples transmissão dos conteúdos não constituía uma boa estratégia pois os alunos não estariam ativamente envolvidos na aprendizagem.

A aula 4 foi uma aula assíncrona, onde foi pedido aos alunos que visualizassem uma pequena vídeo-aula, com vídeos incorporados e momentos de *Checkpoints*. Posteriormente, os alunos realizaram dois exercícios sobre vulcanismo secundário.

Nestas atividades desejava-se que os alunos desenvolvessem competências de análise e interpretação de documentos audiovisuais, autonomia, manipulação das tecnologias de informação e comunicação e comunicação.

Foram gravadas vídeo-aulas para os conteúdos das aulas 1, 4 e 5-6 como recurso auxiliar aos alunos.

### **Ficha formativa – Vulcanismo**

Para a sistematização dos conteúdos e para acompanhar o progresso dos alunos foi elaborada uma ficha formativa sobre o vulcanismo (Apêndice E). A ficha era constituída por 4 exercícios que foram realizados pelos alunos à medida que os conceitos eram introduzidos. Os alunos tinham sempre oportunidade de enviar a ficha para correção apesar de estes exercícios serem corrigidos nas sessões síncronas.

### **Atividade experimental – Fatores que influenciam a viscosidade da lava**

Inicialmente esta atividade foi planeada como uma atividade investigativa experimental e para ser realizada presencialmente. Apesar do contexto, a atividade sobre os fatores que influenciam a viscosidade da lava foi mantida e adaptada para o ensino remoto. Esta atividade assume particular importância não só porque faz ligação com a atividade seguinte (**Atividade Google Earth Pro – Estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon**) mas porque é um dos temas fulcrais para a compreensão da unidade do vulcanismo e também para o estudo da atividade vulcânica do Pico do Fogo na ilha do Fogo.

Desejava-se que com esta atividade os alunos fossem capazes de classificar a lava de acordo com a sua viscosidade, compreendessem a influência da temperatura e do conteúdo em sílica na viscosidade da lava e distinguissem os conceitos de magma e lava. Esta atividade foi planeada para ser realizada numa sessão assíncrona. Assim, a professora gravou uma vídeo-aula onde realizou a atividade experimental.

Posteriormente, a vídeo-aula foi disponibilizada no *site* e no canal do *Youtube*. De acordo com a ficha da atividade experimental sobre a viscosidade da lava (Apêndice F) e com o guião com as orientações para a elaboração do relatório (Apêndice G), os alunos elaboraram um relatório da atividade experimental. Como em todas as atividades tiveram sempre apoio para a sua concretização e melhoraram os seus trabalhos através do *feedback* escrito da professora.

A atividade experimental sobre a viscosidade da lava foi adaptada de Earth Learning Idea (s.d).

### **Atividade *Google Earth Pro* – Estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon**

A atividade do *Google Earth Pro* tinha como objetivo permitir a mudança conceptual das conceções alternativas identificadas nas questões 4, 5 e 6 do questionário diagnóstico (ver capítulo III – subcapítulo 3.3), porque os dois vulcões estudados nesta atividade eram os mesmos das questões 4 e 5.

Inicialmente esta atividade foi preparada para que fossem os próprios alunos explorar os vulcões no *Google Earth Pro*, pois segundo Doering e Veletsianos (2007) é necessário que os alunos explorem a aplicação para potenciar a aprendizagem. No entanto, no contexto de ensino remoto, tornava-se muito complexo que fossem os próprios alunos a realizar a atividade de forma autónoma porque era necessário instalar os ficheiros *.kml* e a aplicação *Google Earth Pro* que é exigente em termos informáticos. Além disso, era necessário aprenderem a manipular a aplicação previamente para a utilizarem de forma profícua. Assim, para garantir que nenhum aluno ficava prejudicado se o seu computador não suportasse a aplicação, esta atividade foi realizada numa sessão síncrona. No entanto, foram gravadas duas vídeo-aulas, onde a professora explorou os vulcões e foi disponibilizado um *Guião-Google Earth Pro* (Apêndice H) para que os alunos que tivessem curiosidade explorassem a aplicação de forma autónoma. Todos estes materiais estão no *site*.

Esta atividade foi realizada no fim da sessão síncrona 5 e 6 onde a professora explorou os vulcões Kilauea (Hawaii) e Mayon (Filipinas), através da aplicação *Google Earth Pro*, interagindo sempre com os alunos. Desejava-se que através desta atividade os alunos caracterizassem a atividade destes vulcões, de acordo com o contexto tectónico e segundo perfis de elevação. Além disso, nesta atividade era necessário que os alunos mobilizassem os conhecimentos sobre a viscosidade da lava

para explicar a forma dos vulcões. Esta atividade foi acompanhada por uma ficha (Apêndice I) que os alunos completaram para ser avaliada formativamente.

Parte da atividade *Google Earth Pro* – Estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon – foi inspirada no documento de Schipper e Mattox (2010). Além disso foram utilizados os seguintes ficheiros *.kml*:

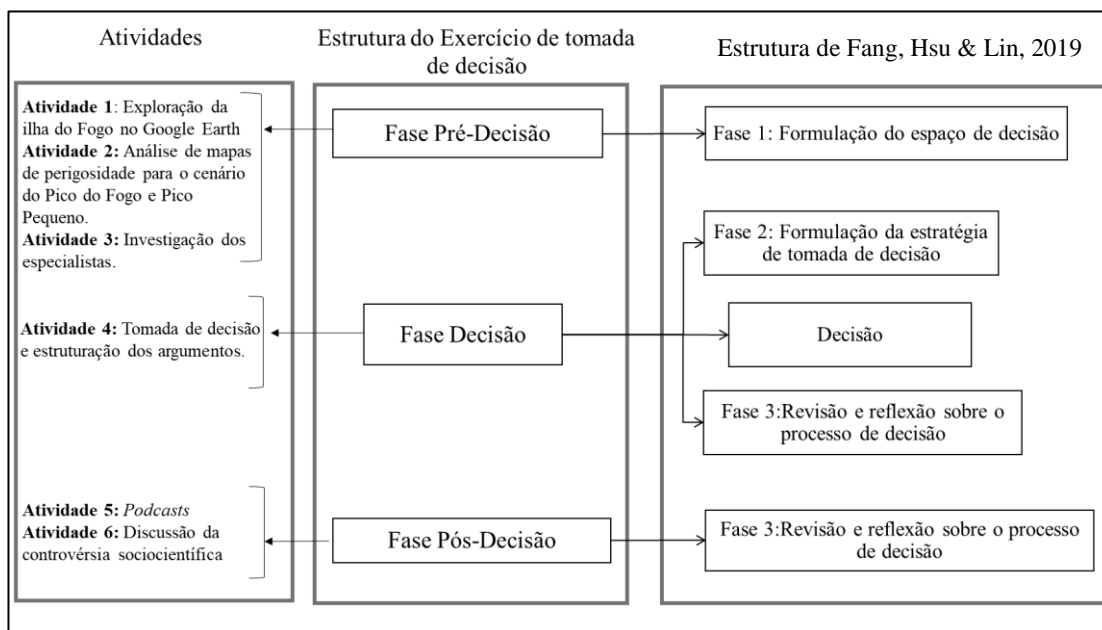
- Plates and Plate Boundaries:  
<https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a002900/a002953/a002953.kml>
- Volcanoes of the World – Global Volcanism Program:  
[https://volcano.si.edu/learn\\_resources.cfm?p=3](https://volcano.si.edu/learn_resources.cfm?p=3)

### **3.4.2. Fase Exercício de Tomada de Decisão**

Para a concretização do exercício de tomada de decisão foi formulada a questão orientadora: “*Por que vive a população de Chã de Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?*”. O exercício de tomada de decisão teve por base os princípios do movimento CTS descritos por Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), pois o tema selecionado permite que os alunos explorem as relações CTSA através da identificação, exploração e resolução de um problema real para o qual é necessário a aquisição de conhecimentos, através da procura ativa de informações, e o desenvolvimento de capacidades e atitudes. Além disso, a questão foi analisada a partir de diferentes perspetivas tendo sido explorado o impacto do problema na população de Chã das Caldeiras. Foi pedido aos alunos para tomarem uma decisão sobre a eventual deslocação da população de Chã das Caldeiras. Assim, o exercício de tomada de decisão proposto explora a controvérsia sociocientífica da ocupação antrópica de um território com elevado risco vulcânico. Apesar das investigações científicas, das comunicações dos cientistas sobre os perigos de viver ao lado de um vulcão ativo às populações e das estratégias do governo cabo-verdiano em proteger a população de Chã de Caldeiras, deslocando-a para uma zona mais segura, a população continua a regressar às zonas de maior perigo após cada erupção devido às características sociais e aos meios de subsistência característicos desta população (PDNA, n.d). Esta controvérsia sociocientífica respeita os pressupostos de Zeidler (2014) que reforça que estas devem fomentar a mobilização do conhecimento científico, assim como as dimensões sociais, éticas e morais, para a tomada de decisões informadas e baseada em evidências. As atividades do exercício de tomada de decisão tinham como objetivo o envolvimento ativo dos alunos na aquisição e aplicação de conhecimentos científicos num contexto real e complexo e, no desenvolvimento de

capacidades de pesquisa e análise de informação, de discussão, comunicação e argumentação, de tomada de decisão e resolução de problemas, com respeito, tolerância e democracia (Reis, 2013). O exercício de tomada de decisão foi construído com base na estrutura de Fang, Hsu e Lin (2019) (Figura 34), que será explorado no subcapítulo seguinte, e segundo a teoria construtivista onde o aluno tem um papel ativo ao longo do processo de aprendizagem (Collins, 2002; Hohenstein & Manning, 2010). Foi adotada a teoria de Vygotsky que se enquadra no construtivismo social e que reforça que a aprendizagem ocorre em contextos de interação dos sujeitos com o meio (Hohenstein & Manning, 2010). Assim, para potencializar o desenvolvimento dos alunos, foi utilizada a metodologia de aprendizagem cooperativa, para que o ensino seja centrado nos alunos e ocorra o desenvolvimento cognitivo e socio-afetivo através da interação social (Fatarell, Ferreira, Ferrerira & Queiroz, 2010; Johnson & Johnson, 2013; Reis, 2011), tendo sido adaptado o método de Jigsaw (Johnson & Johnson, 2013). Os grupos do exercício de tomada de decisão foram definidos pela professora de acordo com as características dos alunos, sendo que o número de elementos por grupo foi de 3 (à exceção de um grupo com 4 alunos) para evitar a formação de subgrupos. Para além das atividades realizadas em grupo, a atividade 3, foi pensada para aumentar a interdependência positiva entre os elementos do grupo, através da atribuição de funções específicas, tendo esta atividade sido avaliada individualmente. As instruções para a realização das atividades foram fornecidas nas sessões síncronas, assim como os critérios de avaliação. Estes documentos estavam disponíveis no *site*. Todos os fatores descritos foram tidos em conta na planificação do exercício de tomada de decisão, pois contribuem para o sucesso do trabalho em grupo (Reis, 2011).

Para a concretização do exercício de tomada de decisão foi concebida uma ficha com as orientações para todas as atividades a desenvolver durante esta fase, que se encontra no Apêndice J. Além disso, todos os materiais como os guiões de auxílios às atividades, os vídeos de apoio, a bibliografia sugerida, os PowerPoints, as datas das atividades e as grelhas de avaliação encontram-se no *site* nos respetivos separadores.



**Figura 34.** Estrutura do Exercício de Tomada de Decisão (adaptado de Fang, Hsu & Lin, 2019).

#### 3.4.2.1. Atividades – Fase Pré-Decisão

As atividades desenvolvidas na fase de pré-decisão enquadram-se na fase de *formulação do espaço de decisão* de Fang, Hsu e Lin (2019) onde os alunos reúnem as informações para resolver o desafio proposto (Acar, Turkmen & Roychoudhury, 2010). Nesta fase pretende-se que os alunos recorram ao raciocínio informal, ao raciocínio baseado em evidências e à interação social (Fang, Hsu & Lin, 2019). Nesta fase foram realizadas a atividade 1, a 2 e a 3 da ficha do exercício de tomada de decisão.

##### **Atividade 1: Exploração virtual da ilha do Fogo no *Google Earth***

A atividade 1 foi realizada, em grupo, durante as sessões assíncronas 9, 10, 11 e 12. Esta atividade foi concebida para ser realizada com o auxílio de vídeos gravados pela professora no *Google Earth Pro* e através da aplicação *Google Earth Online*. Esta última aplicação pode ser utilizada recorrendo apenas ao *browser/smartphone* não sendo necessária a instalação de um programa.

Nesta atividade os alunos estudaram o enquadramento geográfico e tectónico das ilhas de Cabo Verde, exploraram virtualmente o arquipélago de Cabo Verde e a ilha do Fogo e fizeram um registo fotográfico das suas descobertas. Pretendia-se que os alunos observassem os impactos da última erupção do Pico do Fogo na população de Chã das Caldeiras, identificassem estruturas geológicas (*e.g.* Pico do Fogo, a

Bordeira, a cratera do Pico do Fogo, entre outros) e observassem de *perto* as condições socioeconómicas da população de Chã das Caldeiras. As imagens foram legendadas, pelo que esta atividade foi realizada em simultâneo com a atividade 3 para que os alunos mobilizassem diferentes conhecimentos de modo a enriquecer o trabalho.

A atividade 2 foi uma atividade complementar à atividade 1 pois na sessão 7 e 8 verificou-se que os alunos tinham dificuldade em interpretar mapas e segundo Hsu, Tsai & Che, (2018) o uso do *Google Earth* auxilia os alunos na interpretação de mapas topográficos.

### **Atividade 2: Análise de mapas de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo e Pico Pequeno (atividade complementar à atividade 1)**

A atividade 2 foi realizada na sessão síncrona 13 onde através da exploração de mapas de perigosidade de pré- e pós-erupção de 2014-2015, para o cenário do Pico do Fogo e do Pico Pequeno, os alunos identificaram as populações destruídas e as que se encontravam/encontram em menor e maior risco de invasão de escoadas lávicas. A atividade 2 é complementar à atividade 1 e tinha como objetivo ajudar os alunos a compreender melhor o que observavam na exploração virtual no *Google Earth Online*.

### **Atividade 3: Investigação dos Especialistas**

A atividade 3 foi realizada individualmente na sessão síncrona 9, 10, 11 e 12, sendo que a reunião dos especialistas ocorreu na aula 13. Para a concretização da atividade de investigação dos especialistas foi adaptado o método de Jigsaw para o contexto da intervenção, como objetivo continuar a promover a aprendizagem cooperativa (Johnson & Johnson, 2013). A cada elemento do *grupo base* foi atribuído um tema pela professora, de acordo com a ZDP dos alunos. Cada tema continha questões orientadoras e as referências correspondentes. No entanto, todos os temas incluíam uma questão de resposta livre para que os alunos pesquisassem informações suplementares de forma autónoma e para que o grupo pudesse compreender melhor a controvérsia em estudo.

Na aula 13 os alunos com o mesmo tema reuniram-se no *grupo de especialistas* numa sessão síncrona, para discutirem as dúvidas com o grupo, promovendo assim a interajuda na concretização das componentes individuais dos especialistas. A professora teve o papel de moderadora, intervindo apenas em momentos excecionais. Posteriormente, após a reunião e a recolha de informação, cada especialista elaborou

uma síntese sobre a sua investigação, que após as melhorias permitidas, enviou e explicou aos outros elementos do *grupo base*.

O objetivo desta atividade era que os alunos recolhessem informações suplementares para a tomada de decisão, mas que compreendessem que o sucesso individual iria influenciar o sucesso do grupo, pois as atividades seguintes ficariam comprometidas caso algum elemento do grupo não se empenhasse nesta atividade. Além disso, apesar do contexto em que ocorreu a intervenção, pretendia-se promover a aprendizagem dos alunos através da interação social uma vez que esta contribui para o desenvolvimento cognitivo e socio-afetivo dos alunos (Reis, 2011).

#### **3.4.2.2. Atividade – Fase Decisão**

Nesta atividade os alunos reuniram e mobilizaram o que aprenderam na fase 1 (*formulação do espaço de decisão*) para tomarem uma decisão consciente e informada. A fase de decisão corresponde à fase 2: *formulação da estratégia de tomada de decisão* e à fase 3: *revisão e reflexão sobre o processo de decisão e sobre a decisão* de Fang, Hsu e Lin (2019). Nesta fase os alunos foram desafiados a tomar uma decisão sobre a eventual deslocação da população de Chã das Caldeiras, considerando as diferentes opções e priorizando os argumentos de forma a suportar a decisão final (estratégia compensatória). Por fim, pensaram numa possível solução alternativa, definiram e priorizaram contra-argumentos para a refutar. Estas estratégias tinham como objetivo ajudar os alunos a refletir sobre todo o processo e sobre as suas decisões, como sugerido por Fang, Hsu e Lin (2019). Nesta fase foi realizada a atividade 4 da ficha do exercício de tomada de decisão.

#### **Atividade 4: Tomada de decisão e estruturação dos argumentos**

A atividade 4 foi realizada, em grupo, na sessão assíncrona 15, 16 e 17. Na primeira parte da atividade os alunos foram desafiados, de acordo com o que tinham aprendido na fase anterior, e se assim o desejassem através da pesquisa de informações adicionais, a tomar uma decisão final em grupo. A decisão final tinha de ser suportada por argumentos aos quais os alunos deram prioridade. O objetivo desta estratégia era ajudar os alunos a refletir sobre a sua decisão pois, normalmente os alunos têm dificuldade em priorizar argumentos durante os exercícios de tomada de decisão atribuindo-lhes o mesmo valor (Fang, Hsu & Lin, 2019). Na segunda parte da atividade 4 os alunos pensaram numa possível proposta alternativa à sua decisão, redigiram e



priorizaram os contra-argumentos de forma a refutar esta proposta. Esta abordagem permite que os alunos treinem a capacidade de argumentação, que será essencial para a atividade 6 – Discussão da controvérsia sociocientífica.

#### **3.4.2.3. Atividades – Fase Pós-Decisão**

Na fase pós-decisão pretendia-se que os alunos revisem o que tinham explorado até então, criassem um produto com o que tinham aprendido e refletissem sobre as diferentes decisões apresentadas (fase 3: *revisão e reflexão sobre o processo de decisão*). Nesta fase foram realizadas as atividades 5 e 6 da ficha do exercício de tomada de decisão.

#### **Atividade 5: Podcasts**

A atividade 5 - *Podcasts* - foi realizada, em grupo, na sessão assíncrona 15, 16 e 17. Nesta atividade os alunos construíram um recurso educativo onde explicaram a controvérsia sociocientífica, o vulcanismo do arquipélago de Cabo Verde e da ilha do Fogo e onde apresentaram a sua decisão e argumentos. Este recurso educativo, hipoteticamente destinado à população de Chã das Caldeiras ou a outras populações da ilha, tinha como objetivo que os alunos fossem capazes de criar um produto, recorrendo ao que pesquisaram e aprenderam nas fases anteriores, sintetizando as informações mais importantes de forma sensibilizar a população. Pretendia-se que os alunos se apropriassem do *podcast* introduzindo e explicando as informações de forma lógica. Os alunos tiveram liberdade para produzir o seu *podcast*, sendo que de acordo com a taxonomia de Carvalho, Aguiar e Maciel (2009), estes correspondem a materiais autênticos, onde os alunos recorreram apenas a áudio para os produzir. Os *podcasts* produzidos tiveram duração moderada e foram da autoria dos alunos, tendo estes adotado um estilo informal. Por fim, a finalidade do *podcast* foi sensibilizar a população de Chã das Caldeiras para a controvérsia em estudo.

Os alunos utilizaram o *PowerPoint* para gravar o *podcast*, porque já tinham trabalhado com esta aplicação e a professora sabia que todos tinham acesso à mesma. Além disso, foi explicado aos alunos, na sessão síncrona 14, como o gravar o *podcast* no *PowerPoint* e foi disponibilizado um guião “*como criar um podcast*” (Apêndice N). Posteriormente, a professora converteu todos os ficheiros .pptx para o formato de .mp3 e disponibilizou no *site* da intervenção através da aplicação *Soundcloud*. Para

garantir a privacidade dos alunos a página com os *podcasts* tem uma *password*, que os alunos e as professoras tiveram acesso.

#### **Atividade 6: Discussão da controvérsia sociocientífica**

A atividade 6 foi uma atividade que ocorreu na aula síncrona 18. Esta sessão foi dividida em três momentos. Na primeira parte da aula cada grupo de alunos apresentou a sua decisão e argumentos, e após cada apresentação foi disponibilizado tempo para os alunos discutirem as propostas dos colegas. Na segunda parte da aula foi apresentada uma possível solução do Professor José Madeira, tendo sido explicado que esta era uma das várias soluções possíveis e que esta decisão era influenciada pelos conhecimentos, capacidades e valores do cientista. O último momento da aula foi de reflexão sobre o exercício de tomada de decisão, onde foram colocadas três questões:

- 1) *Porque existem várias decisões para o desafio proposto?*
- 2) *Foram apresentadas várias soluções para o desafio proposto, existe uma solução correta? Porquê?*
- 3) *Como se sentiriam se tivessem de tomar a decisão final?*

Nesta atividade ambicionava-se que os alunos mobilizassem os conhecimentos adquiridos nas atividades anteriores, desenvolvessem capacidades de comunicação, reflexão e argumentação (Hilário & Reis, 2009) e tivessem uma atitude crítica, mas tolerante perante opiniões contrárias (Galvão, Reis & Freire, 2011; Reis, 2009). Além disso, a atividade foi planeada de forma a que os alunos avaliassem, em grupo-turma, o impacto das diferentes decisões, integrando conhecimentos de matriz científica e humanística, apesar de, no fim, nunca terem chegado a *uma solução correta*, porque esta realmente não existe. Como sugerido por Hilário e Reis (2009), esta atividade foi utilizada para concluir a unidade didática e, como sugerido por Reis (1999) a professora tentou manter uma postura neutra, intervindo apenas para mediar a discussão ou para motivar os alunos a participar. Além disso, esta atividade foi importante para concluir o exercício de tomada de decisão, integrando-se na fase 3 Fang, Hsu e Lin (2019), onde se esperava que através da discussão os alunos se tornassem mais críticos e reflexivos.

### 3.5. Avaliação e Momentos de Avaliação

A avaliação deve contribuir para o desenvolvimento das competências essenciais para os indivíduos do século XXI (Galvão, Reis, Freire & Oliveira, 2006) e potenciar uma educação em ciências integral.

A avaliação escolar apenas como forma de medição objetiva rigorosa das aprendizagens dos alunos não promove o progresso e a aprendizagem dos mesmos (Barbosa & Alaiz, 1994; Neves & Ferreira, 2015a). O paradigma de avaliação como forma de medida começa a ser abandonado valorizando-se a avaliação como forma de regular o processo de ensino e aprendizagem, onde o professor recolhe informação para orientar a aprendizagem dos alunos, sendo valorizada a avaliação formativa (IIE, 1994). Segundo a perspetiva construtivista, o aluno tem um papel ativo durante o processo de aprendizagem, a construção do conhecimento ocorre através da interação do sujeito com o conteúdo e com o ambiente, tendo o professor um papel orientador (Collins, 2002; Hohenstein & Manning, 2010). Os defensores desta teoria realçam que o conhecimento se constrói através da interação social e do *feedback*, reforçando a importância da avaliação formativa no processo de ensino e aprendizagem, onde os alunos têm um papel central na regulação da própria aprendizagem e desenvolvem mecanismos metacognitivos para melhorarem o seu trabalho (Neves & Ferreira, 2015a). Assim, com esta abordagem a avaliação é encarada como um meio para a recolha de informação de forma a potenciar a aprendizagem dos alunos e orientar as estratégias do professor (Neves & Ferreira, 2015b). A avaliação deve ser assim uma oportunidade para os intervenientes refletirem sobre os processos de ensino e aprendizagem, não sendo necessário desconsiderar os momentos classificativos (Galvão, Reis, Freire & Oliveira, 2006).

No contexto português e de acordo com o Decreto-Lei nº 139/2012 a avaliação deve corresponder um processo regulador do percurso escolar com o objetivo de melhorar o ensino. Segundo o mesmo documento existem diferentes modalidades de avaliação que são utilizadas pelo professor de acordo com os seus objetivos, nomeadamente a avaliação diagnóstica, formativa e sumativa.

Através da avaliação diagnóstica é possível identificar as dificuldades dos alunos para que o professor seja capaz de intervir fundamentando a sua ação (Decreto-Lei nº 139/2012). A avaliação diagnóstica realizada neste trabalho teve como objetivo

identificar as concepções alternativas e os conhecimentos prévios dos alunos. Os seus resultados encontram-se descritos no capítulo III – subcapítulo 433.

A avaliação formativa deve ter como objetivo a recolha de informação contínua sobre a aprendizagem dos alunos, através de diversos instrumentos, para que o professor, os alunos e os encarregados de educação tenham conhecimento sobre desenvolvimento dos estudantes (Decreto-Lei nº 139/2012). Assim, o objetivo da avaliação formativa é ajudar o aluno a identificar e a refletir sobre os seus erros para que este seja capaz de superar as dificuldades e melhorar o seu trabalho (Galvão, Reis, Freire & Oliveira, 2006). Ao longo da intervenção, a avaliação formativa teve sempre presente como oportunidade dos alunos melhorarem os seus trabalhos (*e.g* através das entregas dos trabalhos para melhorias) ou de verificarem se os conhecimentos adquiridos estavam corretos (*e.g* através dos momentos de *Checkpoint*). Estes momentos foram intencionais e importantes para verificar a evolução dos alunos e apurar se os objetivos estavam a ser alcançados através das estratégias adotadas.

O *feedback* assume importância durante a avaliação formativa (Neves & Ferreira, 2015a) e é um dos requisitos para potenciar a aprendizagem dos alunos (Hattie, 2009), sendo que este corresponde às informações que o professor fornece aos alunos sobre o seu progresso para que estes compreendam o que sabem e o que ainda necessitam de aprender (Hattie & Timperley, 2007). Durante a intervenção o *feedback* escrito foi privilegiado para que os alunos fossem capazes de melhorar cada trabalho. Segundo Galvão, Reis, Freire e Oliveira (2006) a avaliação diagnóstica e formativa tem um impacto positivo na aprendizagem dos alunos.

A avaliação sumativa corresponde a uma apreciação das aprendizagens dos alunos, com o objetivo de classificar os seus desempenhos (Decreto-Lei nº 139/2012), devendo professores e alunos aproveitar estes momentos para se focarem nos objetivos de aprendizagem (Galvão, Reis, Freire & Oliveira, 2006). Todas as grelhas de avaliação (Apêndices O-T) foram apresentadas aos alunos nas sessões síncronas e disponibilizadas no *site*. Os pesos de cada atividade na avaliação também foram apresentados e disponibilizados no *site* (Apêndice U).

A auto- e heteroavaliação constitui outra forma de o professor recolher informação sobre o desempenho dos alunos. A autoavaliação permite que os alunos reflitam sobre o seu desempenho, sobre os objetivos que conseguiram ou não alcançar, constituindo um instrumento de recolha de informação importante para o professor, visto que através da sua análise este pode recolher evidências sobre o desenvolvimento

das capacidades metacognitivas dos alunos. A heteroavaliação permite que os alunos reflitam sobre o desempenho dos colegas (Leite, 2000). No fim da intervenção os alunos responderam ao questionário de auto- e heteroavaliação para a professora compreender a perspectiva dos alunos sobre o seu desempenho e o dos colegas (Apêndice Z).

**Quadro 4.** Momentos de avaliação da Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão

Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão					
Nome da atividade	Avaliação	Foco da avaliação	Data de início da atividade	Nº de melhorias permitidas	Data entrega final
Questionário diagnóstico - Vulcanismo	Diagnóstica	Individual	29/04	---	04/05
Ficha Formativa - Vulcanismo	Formativa	Individual	05/05	Sem limites	11/05
<b>Atividade Google Earth</b> <i>Pro: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon.</i>	Formativa	Individual	05/05	Sem limites	11/05
<b>Atividade experimental:</b> Fatores que influenciam a viscosidade da lava	Formativa e Sumativa	Individual	05/05	Sem limites	11/05
<b>Momentos Checkpoint</b>	Formativa	Individual	Aulas síncronas 1, 5 e 6.		

**Quadro 5.** Momentos de avaliação da Fase de Exercício de Tomada de Decisão

Fase de Exercício de Tomada de Decisão					
Nome da atividade	Avaliação	Foco da avaliação	Data de início da atividade	Nº de melhorias permitidas	Data entrega final
<b>Atividade 1:</b> Exploração da ilha do Fogo no <i>Google Earth</i> .	Formativa e Sumativa	Grupo	12/05	2	22/05
<b>Atividade 3:</b> Investigação dos especialistas.	Formativa e Sumativa	Individual	12/05	2	22/05
<b>Atividade 4:</b> Tomada de decisão e estruturação dos argumentos.	Formativa e Sumativa	Grupo	22/05	1*	28/05
<b>Atividade 5:</b> Podcasts.	Formativa e Sumativa	Individual Grupo	22/05	2	01/06
<b>Atividade 6:</b> Discussão da controvérsia sociocientífica.	Formativa e Sumativa	Individual	29/05		
Questionário de auto- e heteroavaliação	Auto- e heteroavaliação	Individual	02/06/2020	---	---

\* Na atividade 4 (exercício de tomada de decisão), devido ao tempo disponível, os alunos tiveram oportunidade de melhorar uma vez o trabalho.

**Quadro 6.** Peso das atividades realizadas ao longo da intervenção.

Peso das atividades				
Domínio experimental (30%)		Fase Pré-Exercício de Tomada de Decisão	Atividade experimental: Fatores que influenciam a viscosidade da lava	---
Estrutura e Dinâmica de Geosfera (15%)	Unidade do vulcanismo	Fase Exercício de Tomada de Decisão	Atividade 1: Exploração da ilha do Fogo no <i>Google Earth</i> .	20%
			Atividade 3: Investigação dos especialistas.	20%
			Atividade 4: Tomada de decisão e estruturação dos argumentos.	20%
			Atividade 5: Podcasts.	25%
			Atividade 6: Discussão da controvérsia sociocientífica.	15%

Nos quadros 4 e 5 estão sumariados os momentos de e no quadro 6 o peso das atividades realizadas ao longo da intervenção.

### 3.6. Descrição da intervenção

Nesta secção serão apresentados os momentos da intervenção, através das planificações (Apêndice A), descrições e reflexões das aulas. As planificações das aulas incluem os sumários, os objetivos e as competências a desenvolver, as estratégias e/ou atividades realizadas, os recursos utilizados e as formas de avaliação adotadas.

#### 3.6.1. Aula 1

##### Planificação

Consultar a planificação da aula 1 no apêndice A1.

##### Descrição da aula (síncrona)

A primeira aula foi uma sessão síncrona através de videoconferência. Antes de iniciar a aula apresentei a professora Carla Kullberg e expliquei que a professora nos iria acompanhar ao longo das aulas por ser a minha orientadora científica. Para não se sentirem reticentes em colocar dúvidas reforcei que esta era uma aula como todas as outras e que podiam interromper sempre que necessário. Comecei por apresentar o *site*, que nos iria acompanhar ao longo das aulas. Apresentei a secção das notícias e indiquei que se algum aluno quisesse podia enviar notícias sobre o vulcanismo, que eu colocaria no *site*. Posteriormente, apresentei uma página-tipo de aula que inclui sempre uma secção com o sumário, outra com os recursos, as vídeo-aulas, as indicações com

os trabalhos a realizar, a planificação da aula e o fórum de discussão para dúvidas. Além disso, referi que conteúdos explorados nas aulas síncronas estavam disponíveis no formato de vídeo-aula.

Após a apresentação do *site*, iniciei a aula com recurso a um *PowerPoint*. Referi que para além das dúvidas que tivessem eu também realizaria questões dirigidas para verificar se estavam a acompanhar a sessão. A aula realizou-se com recurso ao questionamento ao qual os alunos respondiam de forma entusiasta. Confirmei a importância de identificar as conceções alternativas porque conseguia lembrar-me das respostas ao questionário diagnóstico, incluindo respostas individuais. Verifiquei que uma das perguntas mais importantes que coloquei no questionário diagnóstico foi “*Escreve tudo o que sabes sobre o vulcanismo e que não foi questionado anteriormente!*”. Fiquei surpreendida pela positiva com as respostas de alguns alunos e sempre que introduzia um tema que sabia que algum aluno conseguia desenvolver questionava-o diretamente. O objetivo era que os alunos se sentissem confiantes e interagissem nas sessões por videoconferência. No entanto, alguns alunos não responderam corretamente a alguns itens do questionário diagnóstico e, nestes casos, após a introdução do tema tentava perceber se já tinham alterado as conceções alternativas. O *PowerPoint* incluía vídeos que foram essenciais para motivar os alunos. Após a visualização dos mesmos, e antes de introduzir os conceitos, questionava os alunos sobre o que tinham observado. Nos momentos de *Checkpoint* pedia aos alunos que ainda não tinham participado para sistematizarem a matéria abordada até ao momento. Estes momentos foram importantes porque os alunos foram muito participativos, identifiquei mais conceções alternativas e introduzi alguns conceitos. A aula desenvolveu-se através das questões dos alunos, da introdução dos diferentes conceitos, da visualização de vídeos e dos momentos de *CheckPoint*. Os últimos slides do *PowerPoint* continham imagens de erupções no Hawaii para que os alunos relembressem alguns aspetos referentes às erupções vulcânicas efusivas.

No fim da aula indiquei que atividades deviam realizar nos momentos assíncronos, nomeadamente a realização do exercício 2 e 4 da ficha formativa e a atividade experimental da viscosidade da lava.

## Reflexão

Estava entusiasmada com a minha primeira aula e por iniciar a intervenção. Foi um início de aula diferente porque não tive uma turma a minha frente, mas sim um ecrã com muitos nomes escritos num quadrado preto e poucos alunos com câmara ligada. Senti que como a maioria dos alunos não ligava a câmara a interação era mais difícil e como já me tinha apercebido desta dificuldade, através da observação das aulas da professora cooperante, decidi que durante as aulas iria fazer questões dirigidas, tanto ao longo da aula como nos momentos de *Checkpoint*. Verifiquei que a utilização de vídeos antes da introdução dos conceitos e, posterior exploração dos mesmos, foi benéfica pois os alunos mostraram-se participativos nas discussões. Apercebi-me que os momentos de *Checkpoint* foram fundamentais, não só para os alunos terem oportunidade de sintetizar os conteúdos, mas para eu verificar se as conceções alternativas que identifiquei no questionário de diagnóstico ainda se mantinham ou se ocorria alguma mudança conceptual. Fiquei surpreendida com os alunos menos participativos porque, apesar de não terem a câmara ligada, quando lhes pedia para participarem nos momentos de *Checkpoint* faziam boas sínteses.

Os alunos interagiram bem durante a aula, no entanto verifiquei que ficaram apreensivos com o relatório da atividade experimental sobre a viscosidade da lava pois achavam que precisavam de mais tempo para o realizar. No entanto, expliquei-lhes que o relatório foi pensado para ser realizado numa semana e que conseguiriam realizá-lo no tempo proposto. A professora cooperante permite a entrega de várias versões dos relatórios antes da entrega final pelo que adotei a mesma estratégia. Neste contexto de ensino a distância parece-me importante que os alunos tenham várias oportunidades para melhorar o seu trabalho em datas flexíveis. Além disso, referi que a entrega da resolução dos exercícios pedidos da ficha formativa era facultativa pois a correção seria realizada na aula seguinte.

A disponibilização das vídeo-aulas foi importante porque os alunos tinham sempre outro formato para rever os conteúdos. Além disso, uma aluna num email referiu “*Fiquei muito esclarecida com os seus vídeos!*” aquando da entrega de um dos trabalhos pedidos.

Senti algumas dificuldades em tentar comunicar com todos os alunos e garantir que não eram sempre os mesmos a interagir. Verifiquei também que os alunos ficaram confusos com as datas de entrega pelo que voltei a mostrar o *site*, indiquei as secções



onde estavam escritas as datas de entregas dos trabalhos e prometi enviar um email com as informações para o relatório. Reforcei que podiam enviar-me todos os emails fossem necessários com as dúvidas pois no ensino remoto era normal terem mais dúvidas, o que foi fundamental para criar uma interação positiva com os alunos, pois passei a receber muitos emails com dúvidas.

Em suma, os objetivos da primeira aula foram cumpridos e os alunos estavam entusiasmados com a nova matéria e com as atividades. Foi a minha primeira aula e estou bastante entusiasmada com a minha intervenção. Além disso, verifiquei que os alunos desta turma continuam muito participativos tal como acontecia nas aulas presenciais o que é encorajador.

### **3.6.2. Aula 2 e 3**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 2 e 3 no apêndice A2.

#### **Descrição da aula (assíncrona)**

A aula 2 e 3 foi uma aula assíncrona onde os alunos assistiram à vídeo-aula 2-3 - atividade experimental sobre a influência da temperatura e do conteúdo em açúcar na viscosidade do mel - e realizaram um relatório. Como as aulas terminaram de forma inesperada os alunos não realizaram o último teste, pelo que a professora cooperante me pediu para esta atividade ser avaliada de forma sumativa.

#### **Reflexão**

Quando expliquei os objetivos da aula assíncrona 2 e 3 os alunos ficaram um pouco apreensivos por terem de fazer o relatório, mas eu expliquei que este relatório era mais simples do que os que já tinham feito e que podiam enviar todas as dúvidas que tivessem para o email. Referi que podiam enviar as versões que precisassem para receberem *feedback* e melhorarem o relatório até à entrega final. O objetivo das atividades assíncronas é garantir que os alunos continuam a aprender mesmo em situação de *stress*, longe dos colegas e dos professores e num ensino remoto de emergência, para o qual não foram preparados. Assegurei que estaria sempre disponível para os ajudar e que nunca estariam sozinhos. Na minha turma tenho de ter especial atenção a dois alunos que têm necessidades educativas especiais, que devido às circunstâncias podem sentir-se mais apreensivos.

Ao longo da semana recebi 49 versões de relatórios dos alunos o que corresponde a  $\approx 2$  versões provisórias por aluno antes da entrega das versões finais. O valor máximo de versões provisórias entregues foi 5 e o número mínimo de versões provisórias foi 0. Assim, concluo que o tempo disponibilizado para a realização do relatório foi adequado. No entanto, verifiquei que os alunos, por vezes, não melhoravam as versões do relatório de acordo com todos os meus comentários pelo que nas versões seguintes tinha de repetir o mesmo *feedback*. Além disso, como recebia todos os trabalhos na mesma altura foi desafiante corrigir tantos trabalhos em tão pouco tempo. Assim, nas próximas atividades vou limitar o número de versões provisórias a duas, porque no ensino remoto os alunos podem ter mais dificuldade na realização das atividades, parecendo-me a entrega de apenas uma versão provisória insuficiente, especialmente para alunos do 10.º ano, e porque duas versões provisórias foi o número médio de versões entregues por aluno. O objetivo desta adaptação para as próximas atividades assíncronas é que os alunos se responsabilizem mais pelo seu trabalho, realizem as melhorias com mais atenção e sejam autónomos.

Apesar da data do relatório se ter mantido os alunos explicaram-me que tinham alguns trabalhos a outras disciplinas. Assim, para não os sobrecarregar, a atividade de exploração do *Google Earth*, que inicialmente tinha sido idealizada para ser realizada numa sessão assíncrona, com recurso a dois vídeos produzidos por mim, será incluída no fim da aula síncrona 5 e 6 passando a ser realizada em grupo-turma. No entanto, vou pedir aos alunos para me enviarem a atividade para acompanhar o trabalho realizado na aula síncrona.

Os alunos desenvolveram relatórios de elevada qualidade sendo a média das classificações dos trabalhos entregues de 17,41 valores, a classificação máxima de 20 valores e a classificação mínima de 6.5 valores. No entanto, três alunos não entregaram o relatório apesar de ter enviado emails a lembrar, de os ter alertado para a entrega dos mesmos nas aulas síncronas e da professora cooperante e o diretor de turma ter falado com os pais e com os alunos. Senti muita dificuldade em chegar a estes três alunos. Um dos problemas do ensino remoto é a dificuldade em interagir com os alunos para os motivar a realizar as atividades pedidas. Além disso, um destes alunos tem necessidades educativas especiais pelo que está a ter mais dificuldade em adaptar-se às novas circunstâncias. Apesar de não ter conseguido que ele entregasse desta vez o trabalho não vou desistir porque sei que vai conseguir!

A maior dificuldade que senti durante esta semana foi garantir que nenhum email ficava sem resposta e corrigir todas as versões provisórias dos relatórios enviados pelos alunos em tempo útil. Por vezes, também senti alguma dificuldade na leitura dos trabalhos porque alguns estavam confusos pelo que os ajudei-os a melhorar esta componente. Este aspeto é particularmente importante para a atividade de síntese do especialista porque cada aluno vai ficar responsável por uma parte do trabalho. Neste sentido, o trabalho tem de ser bem escrito para que todos os elementos do grupo o compreendam. Nas próximas atividades vou reforçar a importância de escreverem um texto coerente.

Em suma, a grande maioria dos alunos cumpriu os objetivos específicos definidos para a aula assíncrona 2 e 3. Porém, nem todos os alunos entregaram o relatório, sendo este um aspeto negativo e um dos problemas do ensino remoto.

### **3.6.3. Aula 4**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 4 no apêndice A3.

#### **Descrição da aula (assíncrona)**

A aula 4 foi uma sessão assíncrona onde foi pedido aos alunos para assistirem à vídeo-aula 4 e resolverem o exercício 4 da ficha formativa sobre o vulcanismo secundário. A entrega dos exercícios da ficha formativa através do email é facultativa porque a sua correção será realizada na aula síncrona 5 e 6.

#### **Reflexão**

Apesar da entrega do exercício da ficha formativa ser facultativa 12 alunos entregaram os trabalhos e, no geral, estavam bons. No entanto, como os restantes 13 alunos não entregaram dedicarei mais tempo à correção destes exercícios na próxima sessão síncrona.

Em suma, esta era uma aula onde os alunos trabalharam de forma autónoma, mas para garantir que todos compreendem o vulcanismo secundário vou reforçar este tema na próxima aula.

### 3.6.4. Aula 5 e 6

#### Planificação

Consultar a planificação da aula 5 e 6 no apêndice A4.

#### Descrição da aula (síncrona)

Iniciámos a aula 5 e 6 com a correção dos exercícios 2 e 4 da ficha formativa. Os alunos tiveram algumas dúvidas no exercício 4. Este exercício pressupunha que os alunos visualizassem a vídeo-aula 4 e estudassem de forma autónoma o vulcanismo secundário. Para esclarecer as dúvidas dos alunos projetei o *PowerPoint* da aula assíncrona 4 e sintetizei os conceitos principais sobre o vulcanismo secundário.

Posteriormente, projetei o *PowerPoint* da aula 5 e 6 e mais uma vez com recurso ao questionamento, a vídeos, animações, esquemas e com os momentos de *Checkpoint*, explorámos as erupções vulcânicas explosivas e a relação entre o vulcanismo e as placas tectónicas.

No questionário diagnóstico verifiquei que a maioria dos alunos compreendia que existia algum tipo de relação entre o vulcanismo e as placas tectónicas, mas muitos indicavam que o vulcanismo ocorria apenas nos limites convergentes. Além disso, apenas um aluno referiu a existência de vulcanismo intraplaca e de forma muito superficial. Para permitir a mudança destas conceções alternativas comecei por mostrar um mapa com a distribuição dos vulcões no mundo e com os limites de placas tectónicas. Através do questionamento os alunos aperceberam-se que os vulcões para além de existirem perto de limites de placas convergentes e divergentes, também existiam no interior das placas tectónicas. Após este momento explorámos os tipos de vulcanismo nos diferentes tipos de limites de placas.

Na segunda metade da aula iniciámos a atividade do *Google Earth Pro*: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon. Comecei por pedir aos alunos para fazerem o *download* da ficha da atividade e frisei que teriam de entregar a correção da ficha no fim da sessão síncrona. Nesta atividade ia pedindo aos alunos para lerem o enunciado e, através da minha exploração no *Google Earth Pro* e da estratégia de questionamento, os alunos iam resolvendo a ficha da atividade. Apesar de ser eu a explorar o *Google Earth Pro* os alunos colocaram muitas questões e foi uma atividade bastante dinâmica. No questionário diagnóstico, apesar da maioria dos alunos assinalar que a estrutura presente, na Figura 2 da pergunta 5, correspondia a um vulcão (Mayon), apenas 1 aluno indicou que a estrutura presente na Figura 1 da pergunta 4 também

correspondia a um vulcão (Kilauea). Além disso, na questão 6 a maioria dos alunos não conseguiu justificar totalmente por que razão os vulcões têm formas diferentes, pelo que nesta atividade explorámos exatamente os mesmos vulcões das figuras presentes no questionário diagnóstico para que os alunos compreendessem o porquê de os vulcões não terem todos a mesma forma. Ao longo da atividade analisámos o conceito de declive médio e um dos alunos explicou o seu significado. De seguida, projetei um desenho para sintetizar a explicação do aluno. Este conceito foi fundamental se diferenciar os diferentes vulcões e o seu tipo de atividade vulcânica.

No fim da aula, pedi a um aluno para explicar o que eram os Cabelos de Pele porque este escreveu sobre estas estruturas na questão 8 do questionário diagnóstico.

### **Reflexão**

O balanço desta aula foi positivo e os alunos interagiram bastante. Reparei que o uso de vídeos foi uma boa estratégia porque os alunos, durante os momentos de exploração dos vídeos, para além de tentarem explicar os fenómenos que observavam também tentavam comparar com os vídeos da aula 1. Por exemplo, comparavam o que observavam nos vídeos sobre as erupções explosivas (aula 5 e 6) com os vídeos sobre as erupções efusivas (aula 1) e conseguiam identificar as diferenças nos dois estilos eruptivos. Os momentos de *Checkpoint* também foram produtivos apesar de, ao contrário do que aconteceu na aula 1, os alunos terem tido mais dificuldade em sintetizar os conteúdos, provavelmente porque a matéria era mais desafiante.

Estava entusiasmada com a atividade *Google Earth Pro* porque para mim foi uma das mais interessantes de preparar e porque ia permitir que os alunos aplicassem os conhecimentos a dois contextos reais. Porém, o problema de utilizar o *Google Earth Pro* no ensino remoto é que não sabia se todos os alunos conseguiam instalar o programa no computador, se o mesmo tinha capacidade ou se o conseguiam explorar de forma eficaz pois provavelmente nunca o tinham usado. Decidi ser eu a explorar o programa, mas incentivei os alunos a colocar questões e a participar.

Durante a atividade do *Google Earth Pro* a minha *internet* ficou muito lenta tornando-se, em certos momentos, difícil utilizar a aplicação. No entanto, foi possível terminar a atividade e de acordo com a leitura dos trabalhos enviados pelos alunos compreendi que, no geral, atingiram os objetivos específicos da atividade.

Senti dificuldade em perceber se todos os alunos estavam a acompanhar os passos da atividade. Por isso, pedi para registarem as respostas e me enviarem. No

entanto, nem todos os alunos me enviaram a correção desta atividade. Dos 25 alunos, 18 enviaram a correção da atividade e no geral os trabalhos estavam bons.

No momento final da aula pedi a um aluno para explicar o que eram os Cabelos de Pele e foi muito interessante. O objetivo era motivar o aluno a participar pois sabia que estava a ter dificuldades em adaptar-se ao ensino remoto. Até esta aula ainda não recebi nenhum email ou um relatório provisório deste aluno, por isso, lembrei-me de criar este momento para o motivar. Este momento correu muito bem e o aluno ficou muito entusiasmado por explicar aos colegas o que sabia sobre estas estruturas!

No fim da aula, as professoras referiram que ao contrário da aula 1, onde por vezes os alunos utilizavam o *chat* para comunicar sem ser sobre os conteúdos da aula (apesar de eu não conseguir ver devido à fraca ligação da internet quando estou em partilha de tela), nesta aula os alunos não utilizaram o *chat* para conversar e foram muito mais participativos.

Em suma, consegui cumprir os objetivos da aula e destaco alguns aspetos positivos, nomeadamente o aumento da participação dos alunos, a exploração dos vídeos e das animações e, especialmente a atividade do *Google Earth Pro*!

### **3.6.5. Aula 7 e 8**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 7 e 8 no apêndice A5.

#### **Descrição da aula (síncrona)**

No início da aula os alunos perguntaram-me o que iam fazer nas próximas aulas, visto que já tínhamos explorado a maioria dos conceitos da unidade do vulcanismo. Eu respondi que era altura de serem verdadeiros cientistas e aplicarem tudo o que tinham aprendido a uma situação real.

Comecei a aula por relembrar que deveriam entregar a correção da atividade do *Google Earth* e que os alunos que não tinham entregue o relatório ainda o podiam fazer apesar de com penalização. De seguida, corrigimos os exercícios 1 e 3 da ficha formativa e esclareci algumas dúvidas.

O objetivo desta aula era introduzir o exercício de tomada de decisão e estava entusiasmada por começar a parte mais desafiante da minha intervenção. Comecei por explicar aos alunos que nas próximas semanas iríamos fazer uma tarefa diferente e que iriam ser desafiados a tomar uma decisão importante. Apresentei o arquipélago de

Cabo Verde e a ilha do Fogo, o vulcão Monte Amarelo e o vulcão Pico do Fogo. Posteriormente, através de imagens do *Google Earth*, mostrei a região de Chã das Caldeiras delimitada pela grande Bordeira e pelo vulcão Pico do Fogo. Ao questionar os alunos se gostariam de viver nesta região os mesmos responderam prontamente que não. Após a resposta dos alunos referi que naquela região vivia uma população e a reação dos alunos foi de enorme surpresa comentando: “*Ali? Mesmo ali?*” ou “*Como? Como é possível?*”. Este momento de surpresa foi interessante e fiquei curiosa por iniciar esta fase da intervenção. Introduzi a pergunta orientadora que nos iria acompanhar ao longo das aulas “*Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?*”, apresentei a controvérsia sociocientífica que iríamos estudar e mostrei notícias, imagens e vídeos onde eram analisadas as duas últimas erupções do Pico do Fogo, o contexto social e os problemas da população de Chã das Caldeiras, a sua capacidade de resiliência e as vantagens e as consequências de viver ao lado do vulcão do Pico do Fogo. Posteriormente, introduzi o exercício de tomada de decisão: “*O governo de Cabo Verde pediu-vos para estudarem o vulcanismo da ilha do Fogo para identificarem as populações em risco em Chã das Caldeiras e decidirem sobre a sua eventual deslocação para outra região.*” e pedi aos alunos para responderem ao questionário individual sobre a controvérsia sociocientífica.

Por fim, mostrei a ficha do exercício de tomada de decisão, expliquei as atividades que deveriam realizar nas próximas semanas (atividade 1 e 3), defini os prazos de entrega dos trabalhos, incluindo o limite de versões provisórias permitidas e expliquei os critérios de avaliação. De acordo com o Método de Jigsaw, defini os grupos de trabalho base e os grupos de especialistas. Atribuí os temas da atividade 3 a cada aluno e reforcei que cada elemento do grupo ficaria responsável apenas por um tema, sendo que sucesso do grupo dependia do sucesso individual pelo que deviam esforçar-se para realizarem boas investigações. No entanto, os alunos pediram-me para adiar a entrega das atividades porque estavam com muitos trabalhos a outras disciplinas. Assim, para não os sobrecarregar e com autorização da professora cooperante, adaptei a minha planificação de forma a terem mais tempo para realizar as atividades. No entanto, impus a condição de que tinham de ter dúvidas para a próxima sessão síncrona (reunião dos especialistas) para que esta fosse produtiva e para esclarecerem as eventuais dúvidas com os outros especialistas.

Inicialmente tinha pensado realizar a atividade 2 - análise de mapas de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo e do Pico Pequeno – nesta sessão, no entanto como a aula já tinha demorado mais que o previsto e os alunos mostraram muitas dificuldades em visualizar estruturas a três dimensões nos mapas que apresentei decidi fazer esta atividade na próxima aula.

Apesar da aula ter demorado mais do que o previsto os alunos pediram para continuarmos a videoconferência porque como uma aluna disse “*já estamos fartos de estar sozinhos...*”. Claro que ficámos mais meia hora a falar de tudo e mais alguma coisa sem ser sobre o tema do vulcanismo. Já todos nos sentimos sozinhos nesta altura de pandemia e fiquei contente por ajudar a atenuar este sentimento nos meus alunos. Foi um fim de aula enriquecedor e revelador da importância de desenvolver uma boa relação pedagógica com os alunos. Este é um dos desafios do ensino remoto de emergência, apesar de estarmos à distância de um email sentimos saudades da escola, das aulas, uns dos outros e, especialmente, da normalidade.

### **Reflexão**

Esta era das aulas mais importantes da minha intervenção porque tinha de introduzir a controvérsia sociocientífica de forma a que os alunos se sentissem motivados e se apropriassem do exercício de tomada de decisão. No entanto, como os alunos desta turma são muito participativos e curiosos sabia que eram capazes de realizar um excelente trabalho.

Quando apresentei o arquipélago de Cabo Verde e a ilha do Fogo através de mapas fiquei um pouco apreensiva porque reparei que os alunos não conseguiam interpretar os mapas e não conseguiam visualizar, por exemplo, a ilha do Fogo e o vulcão do Pico do Fogo a três dimensões. Quando me apercebi desta dificuldade pedi aos alunos para me explicarem o que conseguiam ver e nenhum me disse que conseguia ver uma ilha e um vulcão. No fim desta aula tinha pensado analisar mapas de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo e do Pico Pequeno e apesar de ter mostrado várias imagens da ilha do Fogo retiradas do *Google Earth* apercebi-me que talvez não fosse uma boa estratégia fazer esta atividade nesta aula pois era muito exigente e os alunos podiam não conseguir analisar os mapas. Como até à próxima aula síncrona os alunos já começaram a explorar o *Google Earth* para realizarem a atividade 1 e como esta aula tem alguns vídeos compridos apercebi-me que o melhor era fazer a atividade 2 na aula síncrona 13. Além disso, recordava-me dos artigos que



tinha lido sobre o uso do *Google Earth* na sala de aula que referiam que este recurso podia ajudar os alunos na interpretação de mapas topográficos e na visualização da superfície terrestre em 3D (Lisle, 2006; Hsu, Tsai & Che, 2018) para além de aumentar a motivação para a aprendizagem da geologia (Wes, 2003). Também me recordava que este problema já tinha sido identificado por Lisle (2006) quando referiu que por vezes os alunos demonstravam dificuldades em visualizar as estruturas a três dimensões. Assim, apercebi-me que os alunos tinham que primeiro desenvolver esta capacidade antes de realizarmos a atividade 2.

A reação dos alunos à controvérsia sociocientífica apresentada foi muito interessante e genuína. Apesar de inicialmente não imaginarem que na região de Chã das Caldeiras vivia uma população, após a apresentação da controvérsia começaram logo a tentar justificar o porquê de a população viver ao lado de um vulcão ativo e alguns começaram a mobilizar os conhecimentos das outras aulas, como por exemplo que os terrenos são mais férteis naquela região, o que foi muito positivo.

Os alunos pareceram entusiasmados com o exercício de tomada de decisão e quando lhes pedi para responderem ao questionário individual demoraram mais tempo do que o esperado referindo que queriam escrever bem.

Durante a reunião com a professora cooperante e a professora Carla, fui alertada de que os alunos provavelmente não sabiam o que era um *tsunami* e que devia ter explicado melhor este fenómeno. Assim, vou preparar um *PowerPoint* com foco na formação de *tsunamis* devido a deslizamentos de vertentes de vulcões, porque apesar destes conteúdos não fazerem parte do programa são fundamentais para perceber todo o contexto geológico da ilha do Fogo.

Em suma, a aula correu muito bem e os alunos pareceram entusiasmados com o exercício de tomada de decisão e com o desafio proposto! Fiquei bastante entusiasmada com a reação dos alunos e estou muito curiosa com a decisão de cada grupo. À exceção da atividade 2, os objetivos da aula foram cumpridos e os alunos estavam motivados para as próximas aulas pelo que têm tudo para correr bem. No entanto, aprendi que por vezes os conceitos mais simples como o de *tsunami* podem não ser totalmente compreendidos pelos alunos. Como o vulcanismo da ilha do Fogo é bastante complexo nas próximas aulas vou ter mais atenção e assegurar-me que os alunos compreendem os conceitos e dominam os recursos facultados (e.g. mapas topográficos).

### **3.6.6. Aula 9, 10, 11 e 12**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 9, 10, 11 e 12 no apêndice A6.

#### **Descrição da aula (assíncrona)**

A aula 9, 10, 11 e 12 foi assíncrona e foi pedido aos alunos para realizarem a atividade 1: *Google Earth* - estudo da atividade vulcânica da ilha do Fogo, Cabo Verde e a atividade 3: Investigação dos especialistas. Apesar destas atividades terem sido realizadas nos momentos assíncronos os alunos enviaram dúvidas por *email*.

#### **Reflexão**

A participação dos alunos nestas duas atividades foi elevada. Na atividade 1 todos os grupos entregaram pelo menos uma versão provisória antes da entrega final, sendo o número máximo de versões 2 e o número mínimo 1, correspondendo a uma média de 1,8 versões provisórias por grupo. Todos os grupos entregaram uma versão final da atividade 1. Na atividade 3, 22 alunos entregaram pelo menos uma versão provisória antes da entrega final. Foram recebidas 38 versões provisórias da atividade 3, sendo o número médio de versões de 1,5. O número máximo de versões provisórias foi de 2 e o número mínimo foi de 0. Todos os alunos entregaram uma versão final da atividade 3. Assim, concluo que o tempo disponibilizado para a concretização das atividades foi adequado e a estatística revela que a participação e a motivação dos alunos foi elevada.

Acredito que a atividade 1 - exploração virtual à ilha do Fogo no *Google Earth Online* - foi fundamental para os alunos ultrapassarem a dificuldade de analisar mapas topográficos. A maioria das legendas estavam bem elaboradas e revelavam que os alunos estavam a compreender o local em estudo, em termos geológicos, mas também a compreenderem o contexto socioeconómico em que vive a população de Chã das Caldeiras. Existem fotos e legendas, escolhidas na exploração livre, que revelam uma enorme sensibilidade por parte dos alunos, por exemplo a seguinte legenda: “*Duas crianças sentadas nas escadas de um minimercado em Chã das Caldeiras, que sobreviveu à destruição da lava da erupção do vulcão do Pico do Fogo.*” Fiquei surpreendida com este tipo de legendas e ainda mais entusiasmada com as decisões dos alunos porque parece que os alunos vão mobilizar diferentes dimensões para suportar a sua decisão.

Foi importante a atividade de síntese do especialista ter sido realizada em simultâneo com a atividade de exploração virtual com o *Google Earth*, porque os alunos mobilizaram os conhecimentos de cada tema para a elaboração das legendas.

Apercebi-me que o grupo 4 não estava a trabalhar como desejado. Alerttei-os que deveriam trabalhar em conjunto e que estas duas atividades eram importantes para conseguirem tomar uma decisão e para realizarem o *podcast*. No entanto, uma das sínteses de um aluno deste grupo era idêntica ao trabalho de um aluno do grupo 7. Enviei um email a este alunos e tentei falar com os dois no fim de uma sessão síncrona, mas apenas o aluno do grupo 7 se mostrou disponível para explicar o sucedido. O outro aluno do grupo 4 saiu da sessão e não respondeu a nenhum dos meus emails. Após reunir com a professora cooperante acordamos que como o aluno do grupo 7 se justificou, não sofreria ajuste na nota. Porém, apesar de ter pedido ao aluno do grupo 4 para reformular a síntese, de lhe ter pedido uma explicação e de ter tentado falar com ele no fim da aula o aluno não se mostrou interessado em justificar o incidente. Assim, eu e a professora cooperante concordamos em descontar metade da cotação na síntese do especialista a este aluno. Esta é uma das grandes dificuldades que senti durante o ensino remoto, pois não conseguia acompanhar todos os alunos porque alguns simplesmente não queriam. Acredito que teria sido mais fácil falar com o aluno se a intervenção tivesse sido presencial.

Nas próximas atividades vou estar mais atenta ao grupo 4 porque estes alunos não estão a trabalhar como desejado.

Um aspeto positivo ao comparar as sínteses com os relatórios foi que limitar o número de versões provisórias foi benéfico porque as primeiras versões das sínteses já estavam, no geral, bem e reparei que houve um esforço dos alunos para entregarem, logo na primeira versão, um bom trabalho. Acabaram por entregar sínteses bem escritas! Um dos aspetos mais interessantes desta atividade foi aprender ainda mais com as investigações de cada aluno! Foi fascinante ver alunos do 10.º ano a ler teses de mestrado e a irem muito mais além do que o esperado. Apesar de ter facultado alguns recursos, os alunos pesquisaram de forma autónoma para construírem sínteses diferentes dos outros especialistas, o que permite inferir que estão a apropriar-se cada vez mais das atividades.

Em suma, os objetivos desta aula foram cumpridos pois os alunos foram capazes de investigar e explorar o vulcanismo do arquipélago de Cabo Verde e da ilha do Fogo através do *Google Earth* e foram capazes de selecionar e interpretar

informação relevante para a concretização da síntese do especialista e para compreenderem melhor a controvérsia sociocientífica.

### **3.6.7. Aula 13**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 13 no apêndice A7.

#### **Descrição da aula (síncrona)**

A aula 13 foi realizada três vezes com os três grupos de especialistas. A primeira sessão síncrona foi com os especialistas do tema A, a segunda sessão com os especialistas do tema B e, finalmente, a última sessão com os especialistas do tema C. Esta sessão tinha como objetivo potenciar a aprendizagem cooperativa e permitir que o especialista de cada grupo esclarecesse as suas dúvidas com os colegas de modo a melhorar o seu trabalho, tal como descrito pelo Método de Jigsaw.

Comecei cada sessão por explicar aos alunos o que era um *tsunami* e como se formavam quando ocorria um deslizamento de vertentes de vulcões, tal como sugerido pela professora cooperante e pela professora Carla Kullberg.

No segundo momento das sessões síncronas realizámos a reunião dos especialistas. O objetivo desta reunião era permitir que os especialistas ajudassem os colegas com o mesmo tema, esclarecendo eventuais dúvidas.

No último momento da aula realizámos a atividade 2 – Análise dos mapas de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo e do Pico Pequeno.

#### **Reflexão**

O momento inicial da aula correu bem nas três sessões e os alunos ficaram muito surpreendidos com o vídeo sobre a formação de *tsunamis*.

Durante a reunião dos especialistas deixei os alunos discutirem as suas conclusões, tendo tido apenas um papel mediador. Previamente, acordei com os alunos prolongar os prazos das entregas das atividades, mas estes teriam de ter dúvidas para discutir na reunião dos especialistas. Assim, a reunião com os especialistas do tema B correu muito bem e os alunos ajudaram-se muito. No entanto, nas reuniões dos especialistas do tema A e C, foram colocadas poucas dúvidas pelo que tive de a fomentar a discussão.

Destaco pela positiva os especialistas do tema B que tiveram muito bem durante a reunião. Um dos aspetos mais interessantes foi quando os alunos começaram a discutir o tipo de erupção do vulcão do Pico do Fogo. Na aula 5 e 6 expliquei que os vulcanólogos na realidade não consideram que existem erupções mistas, mas sim momentos onde o tipo de erupção é mais explosiva e outros onde é mais efusiva, tal como acontece no vulcão do Pico do Fogo. Foi interessante os alunos terem conseguido mobilizar o que tinham aprendido para chegarem a esta conclusão.

No terceiro momento de cada sessão analisámos os mapas de perigosidade (atividade 2). Penso que foi uma boa estratégia realizar esta atividade nesta aula, depois de os alunos terem tido a oportunidade de explorar a ilha do Fogo no *Google Earth*. No entanto, voltei a aperceber-me da dificuldade que os alunos têm em perceber estruturas a três dimensões, em particular quando uma aluna perguntou se seria possível a lava transpor a grande Bordeira. Verifiquei também que alguns alunos não compreendiam os conceitos de depressão e de elevação, justificando-se mais uma vez a importância de explorar a ilha de diferentes formas, por exemplo através de mapas topográficos, fotografias, imagens e do *Google Earth*.

Por fim, os objetivos gerais da aula foram cumpridos e os três momentos da aula foram importantes para a compreensão da controvérsia em estudo.

### **3.6.8. Aula 14**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 14 no apêndice A8.

#### **Descrição da aula (síncrona)**

Começámos a aula 14 por explorar a diferença entre os conceitos de risco e perigos vulcânicos, os sinais precursores da atividade vulcânica, os perigos associados e as medidas de prevenção. Explorámos histórias clássicas de medidas de mitigação de risco vulcânico como, por exemplo, o uso de barreiras para o desvio de escoadas lávicas, em Itália, durante as erupções do vulcão Etna, o arrefecimento de frentes de escoadas lávicas na ilha de Heimaey, na Islândia, e relembremos os episódios de evacuação da população de Chã das Caldeiras na ilha do Fogo. De seguida, fizemos uma discussão sobre a eficácia das medidas de prevenção dos perigos vulcânicos associados à erupção do Pico do Fogo. Mostrei alguns dados sobre a área coberta e o volume do derrame lávico das últimas duas erupções e o número de habitantes para

reforçar a diferença entre perigo e risco vulcânico. Explorámos também as fases de evolução do vulcão Monte Amarelo de estratovulcão até vulcão-escudo.

No segundo momento da aula introduzi a atividade 4: Tomada de decisão em grupo e reforcei que “*Não existem respostas exatas para controvérsias complexas*” e que deviam tomar uma decisão consciente com base nas informações que recolheram ou até explorar outras fontes, mas que não existia nenhuma resposta certa ou errada para o desafio. Insisti que nem eu, nem a professora cooperante e nem a professora Carla Kullberg sabíamos qual era a decisão correta. Expliquei que iria avaliar a validade da decisão e se conseguiam argumentar corretamente mobilizando o que tinham aprendido nas atividades anteriores. Expliquei como deveriam tomar a decisão, ou seja, que deviam considerar todas as opções e priorizar os argumentos para suportarem a decisão. Pedi a um aluno para ler o enunciado da atividade 4, indiquei os prazos de entrega, disse que para esta atividade podiam entregar uma versão para melhoria devido ao tempo disponível e explorámos os critérios de avaliação.

No último momento da aula expliquei a atividade 5, um aluno leu o enunciado, indiquei os prazos de entrega, referi que podiam entregar duas versões para melhoria e explorámos os critérios de avaliação da atividade 5. Como alguns alunos tinham dificuldade na manipulação de aplicações informáticas tanto para a atividade do *Google Earth*, como para a atividade do *Podcast* disponibilizei guiões orientadores. No entanto, sabia que um dos alunos com necessidades educativas especiais tinha dificuldades em usar o PowerPoint e iria ficar apreensivo se não o conseguisse utilizar na atividade 5, assim para garantir que não ficava para trás, no fim da aula expliquei a todos, detalhadamente, através de um exemplo com o meu *PowerPoint*, como podiam gravar o *podcast* na aplicação.

No fim da aula, alguns alunos tiraram dúvidas sobre os trabalhos que estavam a desenvolver.

## **Reflexão**

O planeamento desta aula foi diferente porque foi inspirada nas sugestões escritas pelos alunos nas sínteses de especialista. Nas sínteses alguns alunos sugeriram construir barreiras, abrigos subterrâneos, arrefecer as frentes das escoadas de lava com água, entre outras estratégias para minimizar os perigos vulcânicos na região de Chã das Caldeiras. Estas estratégias são válidas teoricamente, estão presentes no livro e em diversas referências. No entanto, o meu objetivo é que os alunos sejam críticos porque

estes tipos de soluções são difíceis de implementar em Chã das Caldeiras, sendo essencial discutir em turma estas propostas e a sua viabilidade para a situação em estudo. A discussão correu bem e penso que os alunos compreenderam a dificuldade de utilizar estas medidas para mitigar os perigos vulcânicos na região e achei interessante que tenham chegado à conclusão que estas medidas poderiam colocar em perigo outras populações, assim como destruir os terrenos agrícolas em Chã das Caldeiras, o que aumentou a complexidade da controvérsia.

No momento após a discussão tentei explicar as fases de evolução do vulcão Monte Amarelo de estratovulcão até vulcão-escudo. Porém, senti muita dificuldade nesta parte porque apercebi-me que estava a complicar e que este conteúdo era demasiado exigente para alunos do 10.º ano. Poucos alunos interagiram nesta fase e senti que grande parte não estava a acompanhar como eu esperava. Assim, acabei por simplificar o que tinha a dizer e não aprofundei muito mais. Tinha como objetivo que os alunos compreendessem que por vezes a ciência não consegue catalogar tudo, porque a natureza é muito mais complexa do que as definições pré-estabelecidas pelos cientistas. Partilhei a minha dificuldade com a professora cooperante que achou a explicação interessante, mas realmente senti que estava a ser demasiado exigente.

Quando introduzi a atividade 4: Tomada de decisão, estava apreensiva porque era essencial explicar corretamente como a deveriam fazer. Expliquei aos alunos que não existiam decisões corretas ou erradas e que deveriam tomar uma decisão, considerando todas as opções, selecionar e priorizar argumentos de acordo com as suas potencialidades e limitações. Referi várias vezes que não existiam decisões certas ou erradas, o que foi essencial para que os alunos não tentassem apresentar uma determinada decisão *só para terem boa nota*.

Os alunos reagiram positivamente às propostas de trabalho. Aliás desde o início que estão entusiasmados com o *podcast* e já me perguntaram várias vezes quando o iam fazer. Após a leitura das respostas ao questionário pré-exercício de tomada de decisão fiquei ainda mais curiosa com as decisões dos alunos. Além disso, os trabalhos das atividades 1 e 3 são de elevada qualidade pelo que neste momento têm todas as ferramentas para tomar uma decisão consciente e informada.

No fim da aula, voltei a perceber que o grupo 4 não estava a trabalhar como desejado quando um dos alunos referiu que preferia fazer o trabalho sozinho porque o grupo não estava a funcionar bem. Por agora vou manter os grupos, mas vou estar mais atenta a estes alunos.

No geral a aula correu bem, os objetivos foram cumpridos e os alunos ficaram com todas as orientações para a concretização das duas atividades finais.

### **3.6.9. Aula 15, 16 e 17**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 15, 16 e 17 no apêndice A9.

#### **Descrição da aula (assíncrona)**

A aula 15, 16 e 17 foi uma aula assíncrona onde foi pedido aos alunos para realizarem a atividade 4: Tomada de decisão e a atividade 5: *Podcast*. Apesar destas atividades terem sido realizadas nos momentos assíncronos os alunos sabiam que podiam utilizar o email sempre que precisassem para tirar as dúvidas.

#### **Reflexão**

Durante estes dias estive muito curiosa por começar a receber as decisões dos grupos, porque até agora não tinha ideia de quais seriam as suas propostas. O primeiro trabalho que recebi foi de um grupo que decidiu manter a população na região de Chã das Caldeiras. A decisão estava muito bem suportada por argumentos lógicos e fiquei orgulhosa do trabalho deste grupo. No segundo trabalho que recebi, a decisão era completamente diferente. Este segundo grupo decidiu deslocar a população para Cabeça Fundão. Fiquei muito surpreendida, com esta localização e a decisão estava muito bem suportada. À medida que ia recebendo as decisões dos grupos ficava ainda mais entusiasmada. Sinceramente não esperava decisões tão específicas. Esperava decisões como “*Manter a população dentro da caldeira*” ou “*Deslocar a população para fora da caldeira*”, mas os alunos foram muito mais além do que eu esperava. Os alunos apropriaram-se deste exercício de tomada de decisão de tal forma que conseguiram justificar *deslocar* a população para zonas muito específicas.

Durante a atividade 5 surgiram pequenos problemas que foram rapidamente resolvidos, por exemplo alguns alunos só conseguiam gravar os áudios num formato mais antigo e, por isso, surgiam erros de compatibilidade com o *PowerPoint*. Neste momento os alunos ficaram um pouco apreensivos, mas tranquilizei-os e expliquei que não havia problema que eu convertia facilmente os áudios para o formato *.mp3*. O objetivo dos *podcasts* era que os alunos fossem desafiados a criar um produto com



tudo o que tinham aprendido ao longo das últimas semanas, através da contribuição de todos os elementos do grupo. Foi interessante ouvir a voz dos alunos menos participativos a destacarem-se pela positiva nesta atividade. A diversificação de atividades torna-se fulcral para que todos os alunos tenham a oportunidade de explorar as suas capacidades em diferentes contextos.

Ao longo desta semana fui recebendo as versões provisórias dos trabalhos dos alunos e enviava o meu *feedback* para o melhorarem. No entanto, mais uma vez apercebi-me que o grupo 4 não estava a trabalhar como desejado. Estes alunos quase nunca me enviavam emails com as dúvidas e um dos alunos já tinha referido que não conseguia comunicar com o grupo. Um dos alunos deste grupo demorou a enviar-me a síntese do especialista pelo que decidi marcar uma reunião por videochamada com este grupo. Aproveitei a reunião síncrona com este grupo para os motivar e orientar nas atividades 4 e 5. Alertei que todos deviam participar nas atividades e que podiam enviar todas as dúvidas para o meu email ou até as colocar na reunião. Os dois alunos menos participativos acabaram por enviar dúvidas sobre a atividade 4 e contribuíram para a sua concretização em grupo. Porém, comecei a ficar preocupada porque até ao dia anterior da entrega final do *podcast* ainda não tinha recebido nenhuma versão deste grupo. Um dos alunos acabou por dizer que não conseguia contactar com os outros elementos do grupo, que não lhe respondiam às mensagens e acabou por pedir para fazer sozinho. Notei que este grupo, ao longo do exercício de tomada de decisão, não trabalhou como desejado, pelo que decidi separar o grupo. Assim, para estes alunos o *podcast* passou a ser individual (com adaptações, por exemplo, cada aluno só abordou o tema que explorou na síntese do especialista). Quando enviei o email a informar os alunos de que o *podcast* passaria a ser individual um dos alunos respondeu rapidamente, disse que tinha errado e que o colega já os tinha tentado contactar, mas que eles não tinham respondido, pediu desculpa e desde este momento passei a receber muitos emails seus com dúvidas sobre o trabalho. O outro aluno não respondeu ao email nem me enviou nenhuma versão do trabalho. Separar o grupo foi uma decisão difícil, mas não seria correto que um aluno fizesse o trabalho sozinho e tivesse de esperar que os elementos do grupo respondessem depois das inúmeras tentativas.

A participação dos alunos nas duas atividades foi elevada. Na atividade 4 todos os grupos entregaram uma versão provisória e uma versão final. Na atividade 5, 9 dos 10 grupos/alunos entregaram versões provisórias, sendo que um grupo entregou uma versão provisória, um aluno entregou uma versão provisória individual e os outros 7

grupos entregaram duas versões provisórias. 9 dos 10 grupos/alunos entregaram o trabalho final. A estatística indica que os alunos foram muito participativos e estavam motivados para a realização das atividades.

Os alunos apropriaram-se realmente do exercício de tomada de decisão. Talvez porque o vulcanismo passou a estar contextualizado e a aprendizagem esteve sempre apoiada num contexto real e numa população real. Através das notícias e dos vídeos os rostos das pessoas de Chã das Caldeiras passaram a ser familiares para os alunos. Acredito que nunca se esquecerão das palavras do dono da adega cooperativa quando perdeu tudo o que tinha na erupção de 2014-2015, nem da *casa vulcão* do Senhor Zé António a ser completamente destruída pela escoada lávica, nem das duas crianças sentadas nas escadas do minimercado cercado por derrames lávicos solidificados e muito menos do vulcanólogo José Madeira.

Foi uma semana surpreendente e fiquei muito orgulhosa dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos. Os objetivos propostos para esta sessão assíncrona foram alcançados. No entanto, se voltasse a fazer as mesmas atividades, no mesmo contexto de ensino a distância, enviaria mais cedo *emails* para aos alunos do grupo 4 para reunirmos mais cedo e, talvez, motivá-los de forma diferente para a concretização do trabalho em grupo.

### **3.6.10. Aula 18**

#### **Planificação**

Consultar a planificação da aula 18 no apêndice A10.

#### **Descrição da aula (síncrona)**

A aula 18 foi a última aula da minha intervenção. Para esta aula planeei a discussão da controvérsia sociocientífica e a reflexão sobre o exercício de tomada de decisão.

Dividi esta aula em três momentos. No primeiro momento, cada grupo de alunos apresentou a sua decisão e os seus argumentos. Após cada apresentação houve um momento de discussão da decisão apresentada entre todos os alunos da turma. Tive apenas um papel moderador ao longo de toda a discussão sem comentar qualquer decisão. No segundo momento, após a apresentação das decisões, argumentos e da discussão das decisões apresentadas, projetei um excerto de uma palestra onde o

professor José Madeira apresentou uma possível decisão para o desafio proposto. O último momento da aula foi o momento de reflexão sobre as decisões dos alunos e sobre o exercício de tomada de decisão.

Nesta sessão dois alunos deste mestrado realizaram uma observação naturalista.

### **Reflexão**

O início da aula foi atribulado porque um dos alunos não conseguia ligar o áudio e, conseqüentemente, não conseguia ouvir o som da videochamada. Tanto eu, como as professoras, os meus colegas do mestrado e os próprios alunos ajudámos a resolver o problema do áudio, mas a aula atrasou consideravelmente.

O primeiro momento da aula, onde os grupos apresentaram a decisão e os argumentos, demorou muito mais tempo do que o previsto. A maioria dos alunos queria participar ativamente na discussão e, por isso, senti muita dificuldade em gerir a discussão. Alerttei que tinham de acionar a indicação de “mão no ar” do *Zoom* para participarem, mas mesmo assim a discussão de cada decisão demorou muito tempo, pois havia sempre algum aluno que ainda queria intervir. Esta foi a maior dificuldade que tive. Tinha pensado, após a apresentação da decisão de cada grupo, disponibilizar cerca de 5 minutos para os alunos discutirem a decisão, no entanto, o tempo de discussão foi muito superior porque os alunos estavam realmente muito envolvidos. Curiosamente a discussão das primeiras decisões foram mais demoradas porque os alunos em vez de argumentarem e contra-argumentarem cada uma das decisões à medida que eram apresentadas, tentavam explicar por que razão a decisão do seu grupo seria mais indicada do que a proposta apresentada. Como eu já sabia quais eram as decisões de cada grupo, alertei-os de que não era suposto estarem a defender as suas decisões, deveriam sim argumentar e contra-argumentar as propostas à medida que eram apresentadas. Expliquei que estávamos a ter uma discussão onde não existam decisões certas ou erradas e que não era altura para estarem a valorizar as suas decisões. Assim, no decurso da discussão começaram a aperceber-se que existiam outras soluções válidas e a forma de argumentação dos alunos mudou completamente. Esta mudança foi muito interessante e foi corroborada pela professora cooperante e pela professora Carla Kullberg. Penso que a meio da discussão compreenderam que nunca iríamos chegar a *uma* decisão correta, porque esta realmente não existe. Este foi um dos momentos mais marcantes da minha intervenção. Apesar de ter feito a

intervenção através do ensino remoto consegui verificar uma evolução muito positiva ao nível dos conhecimentos, capacidades e atitudes ao analisar os trabalhos destes alunos, mas nesta aula assisti a um crescimento que não estava à espera. Os alunos mobilizaram muitos conhecimentos que adquiriram ao longo das atividades, mostraram assertividade nos momentos de argumentação e espírito crítico ao longo da discussão. Além disso, foi uma discussão muito democrática, onde a tolerância e o respeito pelas opiniões contrárias esteve sempre presente. Talvez por isso é que a aula demorou mais tempo pois os alunos precisavam deste tempo para crescer.

No segundo momento da aula mostrei um excerto de uma palestra do professor José Madeira onde era apresentada uma possível solução para a população de Chã das Caldeiras. No entanto, reforcei mais uma vez que não existiam decisões certas ou erradas e que a solução apresentada pelo professor é apenas uma solução possível. Expliquei que a decisão do professor José Madeira era influenciada pelos seus vastos conhecimentos sobre a região de Chã das Caldeiras e sobre o vulcanismo de Cabo Verde, pelas suas capacidades e pelos seus valores.

O terceiro momento foi de reflexão de tudo o que tinham aprendido ao longo do exercício de tomada de decisão. Comecei por questionar os alunos: *Porque existem várias decisões para o desafio proposto?* e *Podemos afirmar que existia uma solução correta?* Alguns alunos responderam prontamente que não e que as decisões dependiam da prioridade que as pessoas davam aos argumentos. Esta resposta demonstra um excelente capacidade reflexiva e crítica. Por fim, questionei-os *Como se sentiriam se tivessem que realmente tomar uma decisão final?* e as primeiras respostas que ouvi foi “mal” e “não conseguia tomar uma decisão” porque como eles referiram em qualquer decisão existiriam sempre aspetos negativos que prejudicariam a população. Penso que foi um momento introspetivo muito importante e apercebi-me da importância de realizar este tipo de tarefas em sala de aula porque de nada serve os alunos saberem todos os conceitos científicos se não tiverem capacidade de refletir sobre os problemas do mundo. O objetivo da educação em ciências não pode passar pela compreensão e ligação superficial de conceitos concretos ou abstratos. É necessário preparar os alunos para que estes sejam capazes de mobilizar, desde já, os conhecimentos, as capacidades e as atitudes de forma a terem um papel ativo no mundo que os rodeia, para contribuírem para uma sociedade mais justa e sustentável. É necessário promover atitudes proativas e de cidadania onde os alunos são desafiados a tomar posições em situações como a apresentada neste exercício de tomada de decisão,

para que tenham a oportunidade de desenvolver competências essenciais para se constituírem, desde já, cidadãos ativos e com atitudes críticas em relação aos problemas que os rodeiam. Apesar da controvérsia apresentada ocorrer numa ilha distante, estes alunos apropriaram-se deste exercício de tal forma que superaram todas as minhas expectativas e “viajaram” durante estas semanas à ilha do Fogo. Tinha como objetivo que os alunos sentissem que se estudassem uma controvérsia, através de fontes credíveis, se se envolvessem ativamente no trabalho em grupo, se desenvolvessem as capacidades e atitudes previstas podiam, enquanto adolescentes ativos, conscientes e informados, ter opiniões válidas num mundo onde por vezes não existem respostas certas para todas as questões. Mais importante foi reforçar que não há problema em não existirem respostas certas para todas as questões porque através da própria controvérsia é possível aprender ainda mais.



## **IV. Métodos e Procedimentos**

Nesta secção será apresentado o tipo de estudo e explorados os instrumentos de recolha de dados utilizados, descritos os métodos para a análise dos dados recolhidos, apresentada a caracterização da escola, a caracterização dos participantes e as questões éticas empregues durante a investigação.

### **1. Tipo de Estudo**

A investigação desenvolvida assume um paradigma interpretativo onde os dados recolhidos são interpretados de forma a possibilitar a compreensão do problema em estudo e a produção de conhecimento. Para a compreensão dos significados elaborados pelos participantes (alunos) em estudo é útil utilizar metodologias qualitativas e participativas (Sarmiento, 2011). A investigação é de natureza qualitativa uma vez que os dados recolhidos são de natureza descritiva. Além disso, o investigador tem um papel participante durante a investigação recolhendo os dados no seu ambiente natural, tem em conta todo o processo e não apenas o resultado. Os dados são analisados de forma indutiva e o investigador tem em consideração as perspetivas dos participantes (Bogdan & Biklen, 1994).

A natureza da investigação qualitativa, seguindo um paradigma interpretativo, tem como objetivo analisar as potencialidades educativas de exercícios de tomada de decisão no ensino do vulcanismo, nomeadamente os conhecimentos adquiridos pelos alunos, as capacidades e atitudes desenvolvidas, as dimensões que os alunos integram para a tomada de decisão, as opiniões e as dificuldades sentidas relativamente à estratégia adotada.

### **2. Instrumentos de Recolha de Dados**

Os instrumentos de recolha de dados, utilizados na presente investigação, foram os inquéritos por questionários, os documentos produzidos pelos alunos, os diversos documentos orientadores (*e.g.* documentos escolares, curriculares e do Ministério da Educação) e os registos da observação.

Os inquéritos por questionários são documentos com um conjunto de questões que os participantes respondem por escrito (Afonso, 2005, p.101). Este instrumento tem a vantagem de permitir recolher factos e opiniões sobre o tema a investigar e possibilita que os participantes se expressem livremente pois não existem respostas

certas ou erradas. Permite também abranger um grande número de participantes e garantir o seu anonimato quando necessário (Afonso, 2005, p.106).

Este instrumento foi utilizado ao longo da intervenção com objetivos diferentes. O primeiro questionário aplicado teve como objetivo identificar os recursos informáticos a que os alunos tinham acesso, para assim ser possível adaptar as estratégias para o contexto de ensino remoto (Apêndice V). Foi aplicado um segundo questionário, antes do início da intervenção, para identificar as concepções alternativas e os conhecimentos prévios dos alunos sobre o vulcanismo (Apêndice C). No início da Fase de Exercício de Tomada de Decisão foi aplicado um questionário para se compreender as percepções dos alunos sobre a controvérsia sociocientífica em estudo (Apêndice M). Por último, no fim da intervenção foi aplicado um questionário para se investigar a percepção dos alunos sobre as diferentes atividades realizadas nas três fases do exercício de tomada de decisão (i.e., fase pré-decisão, fase de decisão e fase pós-decisão) (Apêndice X). À exceção do questionário sobre os recursos informáticos a que os alunos tinham acesso que foi totalmente construído com questões fechadas, todos os outros questionários foram de natureza mista pois continham maioritariamente questões abertas, mas também algumas questões fechadas de escolha múltipla. Os resultados destes questionários foram analisados, com recurso à técnica de análise de conteúdo, para assim se investigar as potencialidades educativas deste exercício de tomada de decisão. Os questionários presentes nos apêndices foram adaptados para serem aplicados através da plataforma *Google Formulários*, no entanto todas as questões foram mantidas.

Os documentos escritos são os documentos oficiais da escola, os documentos curriculares, os do Ministério da Educação e os trabalhos realizados pelos participantes para se investigar as potencialidades educativas da estratégia adotada. Foram analisados vários documentos escritos produzidos pelos alunos ao longo da intervenção. Na fase de pré-decisão foram analisados os produtos da exploração virtual da ilha do Fogo no *Google Earth* e as sínteses resultantes da atividade de investigação dos especialistas. Na fase de decisão foi analisada a decisão, os argumentos que sustentam a decisão, possíveis propostas alternativas e os contra-argumentos. Por último, na fase pós-decisão foram analisados os *podcasts* realizados pelos alunos.

Deseja-se que os documentos produzidos pelos alunos nas três fases sirvam para que a investigadora consiga compreender as potencialidades dos exercícios de tomada de decisão no desenvolvimento de conhecimentos, capacidade e atitudes,



assim como identificar as dificuldades e as percepções dos alunos ao longo da intervenção. Além disso, pretende-se identificar as dimensões que os alunos integram para a tomada de decisão.

A observação é uma técnica de recolha de dados através do contacto direto do investigador com a realidade e pode ser dividida em estruturada ou não estruturada. A primeira, é realizada com o auxílio a grelhas de observação concebidas de acordo com o objetivo da investigação. Estes instrumentos, por restringirem o foco do observador, são auxiliares importantes para a obtenção de dados quantitativos. Por sua vez, a observação não estruturada é realizada sem o auxílio de grelhas de observação, o que permite recolher dados qualitativos (Afonso, 2005, p. 92-93).

Nesta investigação recorreu-se às duas técnicas de recolha de dados. A observação estruturada foi realizada ao longo da intervenção, com recurso a grelhas de avaliação das diferentes atividades realizadas durante o exercício de tomada de decisão. Por sua vez, a observação não estruturada foi também realizada no decurso da intervenção com recurso ao registo no *diário de campo*, que consiste na redação reflexiva dos acontecimentos do quotidiano da prática do investigador (Afonso, 2005, p.92-93), onde o observador teve uma presença participativa pois integrou-se nas atividades e na dinâmica da turma (Estrela, 1994, p.31).

### **3. Descrição da Metodologia de Análise Específica**

#### **3.1. Que dimensões (científica, social e/ou emotiva) integram os alunos durante a tomada de decisão?**

Para investigar a questão “*Que dimensões (científica, social e/ou emotiva) integram os alunos durante a tomada de decisão?*” procedeu-se à análise de conteúdo das decisões e dos argumentos que suportam a decisão dos grupos (atividade 4).

Primeiro, as diferentes decisões foram agrupadas, de acordo com a sua natureza, em três grupos:

- 1) Grupos que decidiram deslocar a população para regiões fora da caldeira;
- 2) Grupos que decidiram manter a população nas mesmas localidades dentro da caldeira;
- 3) Grupo que decidiu criar um refúgio para ser utilizado após uma erupção vulcânica, dentro da caldeira, mas numa zona de menor perigosidade vulcânica.

Yang e Anderson (2003) analisaram o modo de raciocínio dos alunos, durante a resolução de um problema sobre o uso de energia nuclear, através da categorização das respostas dos alunos, durante uma entrevista semiestruturada, em dimensões como a científica, a social ou ambas, para compreenderem qual o tipo de informação (social vs científica) a que os alunos recorriam para resolver o problema. Mais tarde, Nielson (2012) constatou que durante a discussão de controvérsias sociocientíficas, por vezes, os alunos usavam argumentos com adjetivos emotivos.

Atendendo aos estudos de Yang e Anderson (2003) e Nielson (2012), os argumentos pensados por cada grupo foram classificados como pertencentes à *dimensão científica*, se compreendiam informações de natureza científica; *social*, se compreendiam informações de natureza social e/ou *emotiva*, se continham adjetivos emotivos ou se as informações apelavam às emoções. Um argumento ou o conjunto de argumentos pode compreender mais do que uma dimensão. Estas dimensões podem estar em congruência ou em conflito.

Para este estudo foram consideradas apenas as primeiras versões dos trabalhos da atividade 4 de todos os grupos para que o *feedback* escrito da professora não influenciasse o estudo.

Após o agrupamento das decisões dos alunos nos três grupos e da classificação dos argumentos de acordo com as dimensões, identificou-se quais as dimensões que os alunos integram durante a tomada de decisão (Anexo L).

#### **4. Site da Intervenção – Vulcanismo 10**

A intervenção foi realizada num contexto de ensino remoto. Na escola onde foi realizada a intervenção, foi escolhida a plataforma *Zoom* para a concretização das sessões síncronas. Como os alunos não dispunham de email institucional, devido à política de proteção de dados, não era possível utilizar uma plataforma específica de educação como o *Google Classroom* ou *Microsoft Teams*. Para ultrapassar esta dificuldade foi construído um *site* – *Vulcanismo 10* – na plataforma *Wordpress*, onde os alunos conseguiam aceder a todos os materiais construídos para a intervenção sem necessidade de efetuar *login* (<https://vulcanismo10ano.wordpress.com/>). Além disso, foram definidos diferentes meios de comunicação entre a professora e os alunos como, o email e as videoconferências na plataforma *Zoom*.

A descrição do *site* – *Vulcanismo 10* - encontra-se no Apêndice B. O *site* foi construído de forma a envolver os alunos nas diferentes atividades e contém uma página com notícias sobre a atividade vulcânica no mundo, as páginas das diferentes aulas com os diversos materiais, uma página com as datas importantes (e.g. cronograma das aulas e datas de entrega dos trabalhos) e uma página com os *podcasts* realizados pelos alunos. Para garantir a segurança dos alunos a secção com os *podcasts* tem uma palavra-passe que foi disponibilizada apenas aos orientadores, aos alunos do mestrado, aos alunos da disciplina e à professora cooperante. Os *podcasts* foram carregados no *Soundcloud* em modo privado.

As secções das diferentes aulas foram construídas de forma a tornar a navegação no *site* intuitiva tendo sido adotado o mesmo *design* em cada página, nomeadamente os ícones de cada secção. Assim, cada página tem no início o sumário da aula, seguida dos recursos para os alunos (i.e. *PowerPoints*, fichas, vídeo-aulas, resoluções das atividades), a indicação dos trabalhos a realizar nos momentos assíncronos com as datas de entrega, as grelhas de avaliação, a planificação da aula e o fórum de discussão (este recurso não foi utilizado porque os alunos preferiram utilizar o email para comunicar com a professora). Por vezes, devido às particularidades das aulas, uma página de aula pode conter mais secções, por exemplo, uma secção com o questionário pré-exercício de tomada de decisão (aula 7 e 8) e secções com recursos específicos como os da atividade 1 e 3 do exercício de tomada de decisão (aula 9, 10, 11 e 12).

## **5. Caracterização dos Participantes**

### **5.1. Caracterização da Escola**

A escola onde ocorreu a intervenção situa-se no concelho de Odivelas, num agrupamento composto por 8 escolas com uma oferta educativa variada desde a educação pré-escolar até ao ensino secundário. Segundo os dados do projeto educativo, em 2018, a escola era frequentada por 920 alunos distribuídos por 38 turmas, o que se traduz em cerca de 24 alunos por turma. A escola tem como oferta educativa o ensino regular desde o nível de ensino do 7.º ano até ao 12.º ano, Cursos de Educação e Formação, Cursos de Educação e Formação de Adultos e Cursos Profissionais.

A comunidade de alunos apresenta uma elevada heterogeneidade de nacionalidades (35 origens diferentes) com maior representatividade de cidadãos dos

PALOP, do Brasil e de países de Leste, consequência de uma intensa vaga de imigração nos últimos 30 anos. Através da análise do projeto educativo da escola e das estatísticas do ensino secundário, é também possível constatar que a taxa de insucesso e de abandono escolar é mais elevada que a média nacional (InfoEscolas, s.d).

A população escolar é composta por um corpo docente estável e experiente. No entanto, o mesmo documento refere que, o pessoal não docente é insuficiente para garantir o bom funcionamento escolar, apesar do número legal de funcionários estar a ser cumprido.

As instalações e estruturas associadas à escola não são recentes e apresentam sinais de degradação. As salas de aula estão equipadas com quadros de giz ou brancos, um computador e um projetor. Existe um pavilhão administrativo, o pavilhão gimnodesportivo, zonas exteriores para a prática de educação física, um pavilhão oficinal e recreios. Em relação aos serviços essenciais, a biblioteca está bem equipada com livros e computadores com acesso à internet, existe um refeitório, um bar de alunos e de professores, uma sala de convívio para os alunos, uma papelaria, uma reprografia, uma secretaria, um gabinete de primeiros socorros, o serviço de ação social, o serviço de psicologia e orientação, o serviço de educação especial, o gabinete de apoio e prevenção à indisciplina, a unidade de ensino estruturado (perturbação do espectro do autismo) e um projeto de educação para a saúde e sexualidade. Da vivência escolar surgiram estruturas associativas, a associação de país e a associação de alunos. Os dois laboratórios de Biologia e Geologia estão bem equipados, com computador para o professor, um projetor, uma vasta coleção de rochas e minerais, muitos microscópios e lupas, e diverso material de laboratório para as aulas práticas. Existem também salas com computadores e acesso à internet que podem ser utilizadas pelos professores e alunos.

## **5.2. Caracterização da Turma**

A turma onde foi realizada a intervenção era do 10.º ano de Biologia e Geologia, do curso de Ciências e Tecnologia. A turma é composta por 25 alunos, dos quais 14 são do sexo masculino e 11 do sexo feminino, sendo o intervalo de idades dos alunos entre os 16 e os 18 anos. A turma tem alunos de diferentes nacionalidades, mas todos dominam o português.

O aproveitamento dos alunos na disciplina de Biologia e Geologia é heterogéneo, sendo que a média das classificações da turma, no final do ano letivo, a Biologia e Geologia, foi de 15 valores. Os alunos desta turma são muito participativos e demonstram interesse nas diferentes atividades realizadas tanto em sala de aula, como nas sessões realizadas à distância. O empenho destes alunos nas atividades reflete-se no seu bom aproveitamento escolar.

É importante ter em conta que dois alunos do sexo masculino têm uma perturbação de desenvolvimento, tendo sido diagnosticados com autismo, mas realizam as atividades propostas com interesse e têm um bom desempenho. A professora e os outros alunos têm um papel muito ativo na inclusão destes alunos, não se verificando sinais de exclusão.

Os alunos desta turma estão inseridos num contexto socioeconómico médio-baixo, sendo que 30% dos alunos beneficia de Ação Social Escolar.

Como a intervenção foi realizada à distância foi pedido aos alunos para responderem a um questionário sobre os recursos digitais a que tinham acesso em casa (Apêndice V). No entanto, apenas 21 dos 25 alunos responderam ao questionário. De acordo com os dados recolhidos, 100% dos alunos, que responderam ao questionário, têm computador com acesso à internet e uma conta de email (Figura 1-3V). A partir da análise da figura 4V 42.9% dos alunos não partilha o computador/smartphone com outros familiares, 52,4% partilha estes recursos e 4,8% refere que partilha ocasionalmente. Por fim, 95.3% dos alunos tem um computador ou um telemóvel com microfone, para assim ser possível realizar videochamadas (Figura 5V). Apesar de nem todos os alunos terem respondido ao questionário foi possível verificar, através da observação das sessões síncronas lecionadas pela professora cooperante, que todos os alunos têm acesso a algum dispositivo informático que lhes permite participar nas aulas síncronas e realizar as atividades à distância.

## **6. Questões Éticas**

Para a realização deste estudo foram cumpridas as seguintes recomendações da Carta de Ética para a Investigação em Educação e Formação, da Comissão de Ética do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (2016):

- 1- Explicitação dos cuidados éticos. Nos relatórios de estágios de mestrado, deve constar uma rubrica relativa a cuidados éticos assumidos. Esta rubrica encontra-se na presente secção do relatório.
- 2- Proteção dos participantes. A investigação a ser realizada deve prevenir situações que ameacem a integridade dos participantes.
- 3- Consentimento informado. A investigação deve ser realizada desde o início com o consentimento oral ou escrito dos participantes e seus representantes legalmente autorizados.
- 4- Confidencialidade e privacidade. Na investigação desenvolvida deve-se respeitar os acordos relativos à confidencialidade e à privacidade. O anonimato dos participantes e da escola onde foi realizada a intervenção foram assegurados, sendo que todos os nomes presentes neste relatório são fictícios.
- 5- Falsificação e plágio. Compete ao investigador realizar a pesquisa com transparência e rigor. Ao longo de toda a investigação, não deve plagiar nem fabricar, falsificar ou distorcer dados.
- 6- Publicação e divulgação do conhecimento. É da responsabilidade do investigador tornar públicos os resultados da sua investigação, através da disponibilização do mesmo no repositório da Universidade de Lisboa.

## **V. Apresentação e análise de dados**

Neste capítulo serão apresentados os dados recolhidos através dos diferentes instrumentos de recolha de dados, nomeadamente o questionário diagnóstico, o questionário final e a ficha de auto- e heteroavaliação, o diário de campo com as reflexões, a análise de conteúdo dos trabalhos realizados pelos alunos e as respetivas classificações. Os dados são apresentados e analisados de forma a identificar as conceções alternativas dos alunos e para responder às questões orientadoras.

### **1. Conceções alternativas dos alunos sobre o vulcanismo**

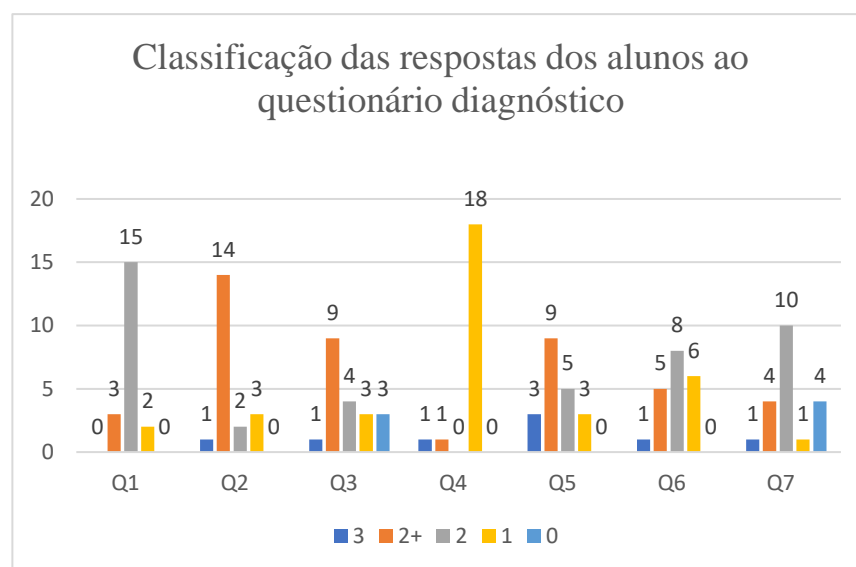
Antes do início da intervenção foi enviado aos alunos um questionário diagnóstico (Apêndice C). O objetivo deste questionário era identificar as conceções alternativas e os conhecimentos prévios dos alunos para adaptar estratégias de forma a promover mudanças conceptuais e para auxiliar os alunos a relacionar os novos conceitos com os conhecimentos prévios.

O estudo das conceções dos alunos foi adaptado de Parham Jr. *et al* (2010), incluindo algumas questões e o método de análise. Foi realizada uma proposta de classificação para o questionário diagnóstico, que serviu de base para a análise das respostas dos alunos. Assim, cada resposta foi classificada de acordo com os seguintes níveis:

- Nível 3 – resposta correta e que explora todos os tópicos presentes na correção;
- Nível 2+ – resposta incompleta e/ou com algumas conceções alternativas e que explora corretamente pelo menos um dos tópicos da correção;
- Nível 2 - resposta muito incompleta e/ou com várias conceções alternativas e que explora parcialmente um dos tópicos da correção;
- Nível 1 - resposta errada e/ou com muitas conceções alternativas.
- Nível 0 - resposta sem qualquer informação relevante para o estudo (*e.g* respostas apenas com um ponto final “.”).

Dos 25 alunos 22 responderam ao questionário, porém 2 alunos responderam após a primeira sessão síncrona pelo que as suas respostas não serão contabilizadas ( $n=20$ ). A análise das respostas aos questionários permitiu identificar os conhecimentos gerais e as principais conceções alternativas dos alunos.

A partir da análise do gráfico da Figura 35, na questão 1, 15% dos alunos elaboraram uma resposta de nível 2+, 75% de nível 2 e 10% de nível 1. Para a questão 2, apenas 5% dos alunos responderam corretamente, 70% redigiram uma resposta de nível 2+, 10% de nível 2 e 15% de nível 1. Na questão 3 os resultados foram mais uniformes sendo que 5% dos alunos elaboraram uma resposta de nível 3, 45% de nível 2+, 20% de nível 2, 15% de nível 1 e 15% de nível 0. Na questão 4, 5% das respostas são de nível 3, 5% de nível 2+ e 90% de nível 1. Para a questão 5, o número de alunos que redigiu uma resposta de nível 3 aumentou para 15%, 45% das respostas foram de nível 2+, 25% de nível 2 e 15% de nível 1. Na questão 6, 5% dos alunos responderam corretamente, 25% elaboraram uma resposta de nível 2+, 40% de nível 2 e 30% de nível 1. Finalmente, para a questão 7, 5% redigiu uma resposta de nível 3, 20% de nível 2+, 50% de nível 2, 5% de nível 1 e 20% de nível 0. Verifica-se que a pergunta com mais respostas de nível 3 é a #5. Por sua vez, a questão onde os alunos demonstram mais dificuldades é a #4. Estes resultados evidenciam que os conhecimentos dos alunos são muito limitados, existindo várias concepções alternativas sobre os processos subjacentes à atividade vulcânica.



**Figura 35.** Resultados da análise às respostas dos alunos no questionário diagnóstico.



## 1.1. Identificação das principais concepções dos alunos

Nesta secção serão analisadas as respostas dos alunos e identificadas suas as principais concepções alternativas.

### Questão #1 - Como se formam os vulcões?

A partir da análise das respostas dos alunos verifica-se que a maioria dos alunos (60%) compreende que existe alguma relação entre a formação de vulcões e as placas tectónicas, no entanto, não conseguem elaborar uma explicação completa:

- *“Através de choques entre placas tectónicas.”* (nível 2)
- *“Devido ao movimento das placas tectónicas.”* (nível 2)

Alguns alunos, 15%, compreendem que os vulcões se formam devido à ascensão de magma à superfície:

- *“Formam se quando os gases e o magma são mandados para a superfície”* (nível 2)
- *“A partir da ascensão do magma na crosta terrestre, que, ao chegar à superfície terrestre, vai solidificando e acumulando-se, formando o vulcão.”* (nível 2+)

15% dos alunos consegue relacionar, de certa forma, a formação dos vulcões com a tectónica de placas e com a ascensão de magma à superfície, mas de forma pouco elaborada, o que evidencia que não têm uma compreensão profunda do tema.

- *“Vulcões geralmente formam-se quando placas tectónicas se divergem ou convergem, ou em qualquer local onde magma subterrâneo consegue chegar à superfície terrestre.”* (nível 2+)
- *“Os vulcões formam-se através da solidificação do magma que sai dos rifts, que por sua vez formam-se pelos movimentos divergentes das placas tectónicas.”* (nível 2+)

Por fim, 10% dos alunos respondeu de forma errada à questão:

- *“Os vulcões formam-se quando as placas tectónica chocam movendo o material presente nelas e deixando aberturas para camadas mais profundas do planeta.”* (nível 1)

Assim, é possível verificar que apesar da maioria dos alunos compreender que existe algum tipo de relação entre a tectónica de placas e a formação dos vulcões, não consegue elaborar corretamente o seu raciocínio. Além disso, apenas uma pequena percentagem compreende que os próprios vulcões se formam devido à acumulação dos materiais vulcânicos libertados durante as erupções. Por fim, nenhum aluno se pronunciou sobre o vulcanismo intraplaca. As respostas incorretas estão extremamente confusas evidenciando que os conceitos não se relacionam.

## Questão #2 – Qual a diferença entre magma e lava?

A análise de conteúdo às respostas dos alunos permitiu verificar que a maioria (65%) diferenciou o conceito de magma e lava através da sua localização:

- “O magma é o fluido no interior da câmara magmática e a lava é quando o magma entra em contacto com a superfície.” (nível 2+)

10% dos alunos conseguiu diferenciar os dois conceitos referindo que o magma resulta da fusão total ou parcial do manto, apesar de forma incompleta:

- “O magma e a lava são ambos materiais rochosos fundidos, mas a lava tem origem do magma e tem diferente composição, pois perdeu parte substancial dos gases.” (nível 2)
- “O magma é um material de origem rochosa onde se funde, e o a lava também é um material rochoso mas com origem no magma” (nível 2)

Dois alunos, 10%, referiram que o magma resulta da fusão total ou parcial do manto e diferenciam os dois conceitos através da sua localização.

- “O magma é o material rochoso total ou parcialmente fundido, que se encontra no interior da Terra. O magma origina a lava, quando se encontra no exterior.” (nível 3)
- “O magma e o material rochoso semifundido presente no subsolo e a lava e o magma que sai a superfície com a mesma viscosidade” (nível 2+)

Por fim, 15% dos alunos respondeu de forma incorreta à questão:

- “lava é mais superficial ao contrario do magma” (nível 1)
- “O magma tem mais gases e é menos líquido e a lava encontra se no interior do vulcão e é mais líquida” (nível 1)

A análise das respostas permite compreender que a maioria dos alunos diferencia corretamente o conceito de magma e de lava através da sua localização. No entanto, apenas uma pequena percentagem refere que o magma resulta da fusão total ou parcial do manto e que o magma e a lava apresentam composições diferentes. As respostas incorretas evidenciam que alguns alunos trocam os significados dos conceitos e outros não conseguem localizar concretamente o magma e a lava.

## Questão #3 – Como se manifesta a atividade vulcânica?

Apenas 10% dos alunos referiu que a atividade vulcânica se manifesta através do vulcanismo primário e secundário, no entanto, apenas um aluno aprofundou a resposta.

- “Com o vulcanismo primário (erupções vulcânicas) e o secundário (fumarolas, geiseres, etc.).” (nível 3)
- “Primárias e secundárias” (nível 2+)

A mesma percentagem de alunos relacionou a atividade vulcânica com manifestações de vulcanismo primário central e fissural:

- “*Por vulcanismo central ou fissural.*” (nível 2+)
- “*As placas tectónicas podem divergir dando origem a riftes ou podem convergir dando origem a um vulcão que entra em erupção consoante o movimento das placas tectónicas.*” (nível 2+)

A maioria dos alunos (40%) referiu que a atividade vulcânica se manifesta através de vulcanismo primário, apesar de provavelmente não compreenderem o conceito, pois nunca o introduzem. Além disso, as respostas são pouco elaboradas:

- “*A atividade vulcânica geralmente se manifesta sob a forma de vulcões que, quando ocorrem em terra, geralmente expõem lava, cinzas, fumo e piroclastos.*” (nível 2+)
- “*Quando o vulcão deita lava*” (nível 2)

Uma pequena percentagem dos alunos (10%) indica que a atividade vulcânica se deve à ascensão/formação de magma:

- “*através da ascensão do magma à superfície*” (nível 2)

15% dos alunos responderam incorretamente à questão:

- “*aquecimento*” (nível 1)
- “*Quando os lagos de lava dentro dos vulcoes transbordam*” (nível 1)

Por fim, 3 alunos (15%) apresentaram respostas não informativas.

- “*não sei*” (nível 0)

Os alunos não reconhecem os termos como *vulcanismo primário central e fissural* ou *vulcanismo secundário*, pois apesar de explorarem os seus significados de forma superficial, raramente os introduzem. As respostas incorretas estão confusas e reforçam a importância de explorar estes conceitos ao longo da intervenção.

#### **Questão #4 – A Figura 1 representa um vulcão? Justifique.**

Apenas um aluno respondeu corretamente a esta questão (5%) referindo a existência da cratera e dos gases vulcânicos na imagem:

- “*Sim, porque observa-se a expulsão de fumo da cratera.*” (nível 3)

Um aluno referiu que a Figura 1 representa um vulcão, mas de forma incompleta recorrendo apenas à identificação de gases:

- “*Não tenho certezas mas considero que sim existe a saída de fumo que contém gases.*” (nível 2+)

Por fim, 18 alunos (90%) responderam de forma incorreta à questão:

- “*Não porque não tem um cone vulcânico e não tem uma chaminé vulcânica*” (nível 1)

A Figura 1 corresponde a uma fotografia do vulcão Kilauea (Hawaii). Esta imagem foi escolhida por representar um vulcão com um declive pouco acentuado, diferente dos vulcões típicos que aparecem nos manuais para se verificar se os alunos compreendiam que os vulcões podem ter formas diferentes. Na imagem observa-se uma cratera e gases vulcânicos a serem expelidos, diferenciando-se assim de uma cratera de impacto. Verifica-se que a grande maioria dos alunos associa o conceito *vulcão* a uma estrutura com um cone vulcânico, possivelmente exuberante, descartando a possibilidade de existirem vulcões com formas diferentes. Apenas um aluno conseguiu identificar corretamente a estrutura da imagem através dos dois tópicos da correção. As respostas incorretas são importantes para a estruturação da planificação. O resultado a esta questão já era previsível pelo que foi idealizada uma atividade – exploração do vulcão Kilauea (Hawaii) e Mayon (Filipinas) no *Google Earth Pro* – para orientar os alunos a reformularem esta conceção alternativa.

#### **Questão #5 – A Figura 2 representa um vulcão? Justifique.**

Do total de alunos, 15% respondeu que a Figura 2 representa um vulcão ao identificarem o cone vulcânico e a cratera.

- “É, pois apresenta um cone vulcânico e uma cratera.” (nível 3)
- “Sim, porque tem uma abertura, de onde se encontram gases a sair, e um cone vulcânico.” (nível 3)

Seis alunos (30%) justificam a sua resposta através da identificação do cone vulcânico:

- “Sim, porque além de expelir fumo, este tem a característica forma associada a um vulcão, uma forma cónica.” (nível 2+)
- “Sim, pois tem uma forma cónica.” (nível 2+)

Dois alunos (10%) justificaram a resposta através da identificação da cratera:

- “Sim, porque tem uma abertura por cima.” (nível 2+)
- “Sim, porque contém uma cratera que permite a saída de determinados materiais e de gases quando ocorre uma erupção vulcânica.” (nível 2+)

30% dos alunos respondeu corretamente embora sem conseguir justificar a sua resposta:

- “Sim, porque tem o formato de um” (nível 2)
- “Sim” (nível 2)

Por fim, 15% dos alunos respondeu de forma incorreta:

- “Sim, porque resulta do juntamente das placas” (nível 1)

- “*Sim pois tem uma chamine vulcânica*” (nível 1)

A maioria dos alunos compreendeu que na Figura 2 estava um vulcão apesar de apenas uma pequena percentagem justificar. 45% dos alunos recorreu à forma de cone para justificar a sua resposta. A identificação da cratera vulcânica era o critério fundamental para diferenciar o vulcão presente na Figura 2 de uma montanha, no entanto apenas 25% dos alunos identificou esta estrutura, sendo necessário explorar este conceito ao longo da intervenção. Uma percentagem significativa de alunos (30%) conseguiu identificar o vulcão presente na figura, mas não conseguiu justificar a sua resposta possivelmente por falta de conhecimentos sobre a estrutura externa de um vulcão. Outra conceção importante a ter em conta é que um aluno referiu que a Figura 1 (questão 4) não correspondia a um vulcão porque não se observa uma *chaminé vulcânica*. Na questão 5 um dos alunos tentou justificar a sua resposta identificando erradamente uma *chaminé vulcânica*, o que reforça que este conceito terá de ser explorado em detalhe nas aulas porque esta estrutura não é visível. Além disso, as respostas erradas evidenciam que alguns alunos confundem os conceitos de vulcão e montanha.

#### **Questão #6 – Todos os vulcões têm a mesma forma? Justifique.**

Para responder a esta questão apenas 1 aluno (5%) conseguiu justificar corretamente a sua resposta referindo que a forma dos vulcões é variável analisando vulcões com diferentes formas. Além disso, este aluno referiu que a morfologia dos vulcões depende do tipo de erupção subjacente à sua formação:

- “*Não, pois existem uns mais baixos/achatados e com o cone vulcânico mais arredondado, outros mais altos e com o cone vulcânico mais piramidal, dependendo do tipo de erupção vulcânica que normalmente ocorre nesse vulcão.*” (nível 3)

25% dos alunos respondeu que a forma dos vulcões é variável através da análise de vulcões com diferentes formas:

- “*Não, por exemplo, além da forma cônica, podem ter a forma de uma fissura na terra, podem ser uma simples cratera, além de outras.*” (nível 2+)
- “*Não, existem vulcões como o da Figura 2 que têm a forma de um cone, e outros como o da Figura 1, que têm uma forma diferente.*” (nível 2)

30% dos alunos refere que a forma dos vulcões é variável e que depende da localização tectónica:

- “*Não, porque vários vulcões são formados em áreas diferentes e com condições diferentes, o que acaba por formar formas diferentes.*” (nível 2+)

- “Não, pois depende de como se formam a partir das placas tectónicas” (nível 2)

Dois alunos (10%) responderam a forma dos vulcões é variável, mas não conseguiram justificar:

- “Não” (nível 2)

Por fim, 30% dos alunos respondeu de forma incorreta:

- “Sim porque têm todos um cone vulcânico, que dá a forma aos vulcões.” (nível 1)
- “Geralmente, sim. Pois todos são montanhas.” (nível 1)

A maioria dos alunos de alguma forma compreende que os vulcões não têm todos a mesma forma apesar de apresentarem justificações diferentes. Um aluno conseguiu justificar corretamente referindo que existem vulcões *mais baixos/achatados e com o cone vulcânico mais arredondado, outros mais altos e com o cone vulcânico mais piramidal, dependendo do tipo de erupção vulcânica que normalmente ocorre nesse vulcão*. Surpreendentemente, dois alunos conseguiram justificar através da identificação de vulcanismo fissural. No entanto, apesar da maioria dos alunos referir que os vulcões não têm todos a mesma forma as justificações são muito incompletas e muitas delas são utilizadas apenas para reforçar a sua posição (e.g. “Não, dependendo do tipo de vulcão, este vai ter uma forma diferente.”). Além disso, as respostas dos alunos a esta questão podem ter sido influenciadas pelas duas questões anteriores, como se verifica na resposta “Não, existem vulcões como o da Figura 2 que têm a forma de um cone, e outros como o da Figura 1, que têm uma forma diferente.”. O resultado mais curioso é que uma percentagem significativa de alunos (30%) compreende que o formato dos vulcões está de alguma forma relacionado com a sua localização tectónica, apesar de em nenhuma respostas estar expressa a relação entre o contexto tectónico e o tipo de erupção vulcânica, sendo uma das relações mais importantes a reforçar ao longo desta unidade. A partir da análise das respostas incorretas verifica-se novamente que alguns alunos confundem os conceitos de montanha e vulcão (e.g. “Geralmente, sim. Pois todos são montanhas”). Além disso, as respostas erradas reforçam que alguns alunos acreditam que os vulcões têm todos a mesma forma com o mesmo tipo de cone vulcânico.

**Questão #7 – Qual a relação entre a distribuição dos vulcões e as placas tectónicas?**

A maioria dos alunos (40%) localiza os vulcões perto dos limites de placas tectónicas:

- “Os vulcões distribuem-se nas zonas onde se encontram os limites das placas tectónicas, onde há maior atividade destas.” (nível 2+)
- “Os vulcões localizam-se muito perto dos limites das placas tectónicas.” (nível 2+)

Uma percentagem significativa de alunos (30%) refere que a maioria dos vulcões localiza-se em zonas de convergência de placas tectónicas:

- “Os vulcões encontram-se em zonas de colisão de placas tectónicas.” (nível 2)
- “Os vulcões são formados em zonas onde há placas tectónicas com movimento convergente.” (nível 2)

Um aluno (5%) refere que a maioria dos vulcões ocorre nos limites de placa e indica, apesar de forma implícita, que podem ocorrer no interior das mesmas:

- “Como os vulcões formam-se através das interações entre duas placas tectónicas, então, existem mais vulcões nas margens das placas tectónicas do que no centro.” (nível 3)

Um aluno (5%) respondeu de forma incorreta à questão:

- “O choque entre as placas tectónicas ocorre em zonas extensas, logo os vulcões estão distribuídos em zonas de relevo e de grandes altitudes.” (nível 1)

Por fim, 4 alunos (20%) redigiram respostas não informativas:

- “não sei” (nível 0)

A partir da análise das respostas verifica-se que a generalidade dos alunos compreende que os vulcões se localizam perto dos limites de placas tectónicas. Uma percentagem significativa menciona que os vulcões se formam apenas em zonas de convergência de placas tectónicas. Este resultado pode ser reflexo deste tipo de vulcanismo ser mais visível quando comparado com o vulcanismo presente em zonas de divergência ou intraplaca. Apenas um aluno referiu, de forma implícita, que os vulcões se formam perto dos limites de placa, mas que também podem ocorrer no seu interior. Este resultado é particularmente importante porque apesar desta forma de vulcanismo corresponder apenas a 5% dos vulcões no mundo o vulcanismo do arquipélago de Cabo Verde é vulcanismo intraplaca. A resposta incorreta está muito confusa não sendo possível compreender o raciocínio do aluno.

**Questão #8 - Escreve tudo o que sabes sobre o vulcanismo e que não foi questionado anteriormente!**

Esta era uma questão de resposta livre pelo que não foi analisada pelo método anterior. Os resultados demonstram que alguns alunos já tinham curiosidade sobre o tema, no entanto foi possível identificar algumas conceções alternativas:

- *Compostos criados por vulcões podem tomar várias formas, incluído fibras de vidro magmático com um aspeto de cabelo, o que levou a ser chamado pelos havaianos de cabelo de Pele, a deusa do fogo, da lava e dos vulcões na mitologia havaiana. Os vulcões, além de serem destrutivos inicialmente, também demonstram uma dualidade nesse comportamento, quando plantas brotam das cinzas e crescem extremamente rápido devido às cinzas, que funcionam como fertilizante, permitindo que os ecossistemas possam voltar ao normal, de certa forma os vulcões destroem mas também criam, tudo baseado em fogo tem o poder de destruir mas também de criar, é extremamente poético, não? E espiritual também :-).*
- *Quanta mais sílica presente na lava menos viscosa a mesma será, quanto menos sílica mais viscosa será.*
- *Os restos de uma explosão de lava chama-se piroclastos.*

A identificação das conceções alternativas antes do início da intervenção permitiu aprofundar os tópicos onde se verificou que os alunos tinham mais dificuldades e reformular a intervenção para promover eventuais mudanças conceituais de forma a que os alunos construíssem o seu conhecimento de acordo com o atualmente aceite pela comunidade científica.

Durante a Fase de Pré-Exercício de Tomada de Decisão, através das diferentes atividades, a professora tentou criar momentos para a promover mudanças conceituais. O questionário diagnóstico visou compreender quais os conhecimentos dos alunos sobre a relação entre tectónica de placas, a formação dos vulcões e o tipo de atividade vulcânica subjacente, a diferença entre magma e lava e conceitos importantes como vulcanismo secundário e vulcanismo primário central e fissural, sendo que estes conteúdos foram explorados ao longo de toda a intervenção.

As conceções alternativas identificadas nas questões 4, 5 e 6 eram expectáveis, pelo que a atividade experimental sobre a viscosidade da lava, em complemento com a atividade – exploração do vulcão Kilauea (Hawaii) e Mayon (Filipinas) no *Google Earth Pro* – foram pensadas para promover a mudança das conceções alternativas identificadas nestas questões, especialmente na questão #4 onde apenas um aluno conseguiu identificar e justificar corretamente que a figura correspondia a um vulcão (Kilauea, Hawaii). A atividade experimental sobre a viscosidade da lava foi importante para que os alunos compreendessem a relação entre a forma do vulcão e a atividade



vulcânica subjacente à sua formação. A atividade seguinte - Exploração do vulcão Kilauea (Hawaii) e Mayon (Filipinas) no *Google Earth Pro* – era complementar à atividade experimental sobre a viscosidade da lava e tinha como objetivo aprofundar a relação entre a forma dos vulcões, através do estudo de perfis de elevação e o tipo de atividade vulcânica subjacente ao contexto tectónico onde se inseriam os dois vulcões em estudo. Além disso, os dois vulcões estudados durante a atividade no *Google Earth Pro* eram os mesmos das figuras 1 e 2, da pergunta 4 e 5, do questionário diagnóstico. Este aspeto foi intencional e tinha como objetivo orientar os alunos a reformular as conceções alternativas identificadas, sendo que durante a atividade foi pedido aos alunos para se lembrarem das imagens do questionário diagnóstico.

Na Fase do Exercício de Tomada de Decisão promoveu-se também mudanças conceituais e o aprofundamento dos novos conhecimentos. Por exemplo, através do estudo das conceções alternativas apenas uma pequena percentagem de alunos explorou o conceito de vulcanismo intraplaca e ainda assim de forma muito superficial. Desta forma, foi necessário explorar melhor este conceito durante o exercício de tomada de decisão visto que o vulcanismo de Cabo Verde é do tipo intraplaca. Além disso, o vulcanismo do Pico do Fogo, apresenta momentos efusivos e explosivos que também foram explorados com os alunos para que estes compreendessem que os dois tipos de atividade vulcânica podiam ocorrer no mesmo local. Além disso, foi introduzido o conceito de estratovulcão e vulcão-escudo para, mais uma vez, os alunos serem capazes de relacionar a forma do vulcão com o tipo de atividade vulcânica. No questionário diagnóstico verificou-se que os alunos apesar de compreenderem de forma superficial os conceitos de vulcanismo primário central e fissural nunca introduziam os conceitos. Para reforçar estes conceitos, a evolução do vulcanismo do Pico do Fogo foi explorada visto que na sua história teve momentos do tipo central, até ao momento em que atingiu a sua altura crítica, passando posteriormente a apresentar manifestações de vulcanismo fissural.

Assim, a identificação das conceções alternativas antes do início da intervenção foi importante para reformular alguns momentos ou para mediar a interação de forma a orientar os alunos a alterarem as conceções alternativas e/ou a construir o conhecimento de acordo com o atualmente aceite.

## 2. Que conhecimentos desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?

### 2.1. Que conhecimentos desenvolvem os alunos na fase de pré-decisão?

Segundo o questionário final (Apêndice X), nas atividades 1 – Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* e na atividade 3 – Síntese do Especialista, os alunos afirmam ter aprendido vários conhecimentos substantivos, em particular sobre a atividade vulcânica da ilha do Fogo, o contexto geográfico do arquipélago de Cabo Verde e da ilha do Fogo, as vantagens de viver ao lado de um vulcão, os riscos vulcânicos e como os minimizar (Quadro 7).

**Quadro 7.** Conhecimentos adquiridos na perspetiva dos alunos nas atividades 1 e 3 da fase de pré-decisão.

<b>Questão:</b> Que conhecimentos adquiriste nestas duas atividades (Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no <i>Google Earth</i> e a Síntese do especialista)?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	<i>n</i>
Conhecimento substantivo	Atividade vulcânica da ilha do Fogo	- “[...] a formação do vulcão, os tipos de vulcanismo e erupção vulcânica na Ilha do Fogo.” - “Com a exploração virtual da Ilha do Fogo no <i>Google Earth</i> e com a síntese do especialista, fiquei a conhecer a morfologia e geologia desta ilha, o que me ajudou a compreender melhor a matéria do vulcanismo, já que foi possível perceber como um vulcão funciona, os diferentes tipos de vulcões (vulcão escudo e estratovulcão), vulcanismo (primário e secundário) e erupções (efusivas e explosivas), como ocorrem as erupções (os materiais libertados, etc.), [...]”	18
	Contexto geográfico	- “sobre a geografia da Ilha do Fogo, sobre a sua localização [...]”	5
	Vantagens de viver ao lado de um vulcão	- “[...] achei muito interessante saber que as áreas ao pé do vulcão davam muito sustento aos habitantes e eu nunca pensei que isso seria possível.”	5
	Riscos vulcânicos	- “[...] os seus riscos (destruição de infraestruturas, etc.) e perigos (sismos e movimentos de vertente, emissão de produtos vulcânicos, contaminação da água)”	6
	Minimização de riscos vulcânicos	- “[...] como minimizá-los (evacuando as populações, monitorizando o vulcão, etc.) e como as populações reagem face aos vulcões e às erupções.”	4
Capacidades	Utilização do <i>Google Earth</i>	- “[...] descobri como utilizar o <i>Google Earth</i> (gostei muito de navegar pela aplicação) [...]”	3
Outros		- “Ainda gostei imenso da atividade da tomada de decisão, porque fez-nos pensar em toda a matéria anteriormente dada e tentar ajudar a população.” - “Através destas atividades aprendi que para um governo nem todas as decisões são fáceis e óbvias”	3

	- “[...] trabalhar melhor em equipe [...]”	
--	--	--

Nas atividades 1 e 3 desejava-se que os alunos investigassem o vulcanismo da ilha do Fogo e compreendessem a controvérsia sociocientífica em estudo.

Na atividade de exploração da ilha do Fogo no *Google Earth* os alunos estudaram o enquadramento geotectónico do arquipélago, realizaram um registo fotográfico da exploração virtual e legendaram as fotografias de forma a enriquecer o trabalho. Nestas etapas os alunos adquiriram conhecimentos substantivos, nomeadamente “*sobre a geografia da Ilha do Fogo, sobre a sua localização*” e “*a morfologia e geologia desta ilha*”. Estes resultados corroboram o trabalho de Doering e Veletsianos (2007) que refere que o uso de tecnologias como o *Google Earth* permite que os alunos construam novos conhecimentos e de Lisle (2006) que indica que esta aplicação é importante no estudo da geomorfologia, da geologia estrutural e para a interpretação de mapas geológicos.

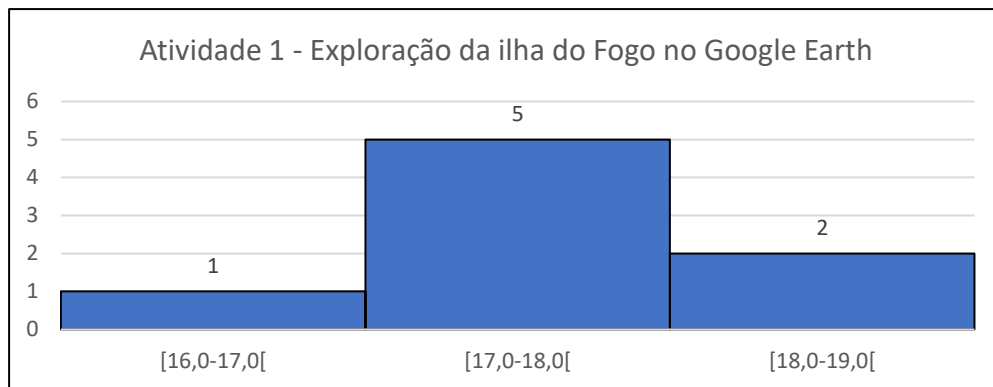
Na atividade de síntese do especialista os alunos ficaram responsáveis por investigar um tema, utilizando os recursos facultados e os que selecionaram na pesquisa autónoma. Esta atividade permitiu a aquisição de diferentes conhecimentos substantivos não só sobre a atividade vulcânica da ilha do Fogo, por exemplo sobre “*a formação do vulcão, os tipos de vulcanismo e erupção vulcânica na Ilha do Fogo*”, como as vantagens de viver ao lado de um vulcão ativo, “[...] *porque de a população de Chã não querer sair de perto do vulcão.*” e sobre os riscos vulcânicos associados “*consequências humanas das erupções, sobre como uma erupção pode destruir anos de trabalho e causar mágoa*”, assim como “*métodos de proteção de habitantes e de previsão de erupções vulcânicas*”.

Nas atividades realizadas na fase de pré-decisão pretendia-se que os alunos reunissem informações para a resolução do exercício de tomada de decisão, não só através das fontes de informação fornecidas, mas também através da pesquisa autónoma. Este objetivo foi alcançado nas duas atividades. Na atividade 1 todos os grupos responderam corretamente às questões sobre enquadramento geográfico e tectónico do arquipélago de Cabo Verde e da Ilha do Fogo. Além disso, exploraram de forma impressionante a região de Chã das Caldeiras e outras localidades da ilha no *Google Earth*. As legendas dos trabalhos estavam, no geral, muito bem construídas e com bom rigor científico. Além disso, descobriram imagens incríveis e cujas legendas revelam uma enorme sensibilidade para o problema em estudo. Na atividade 3 a

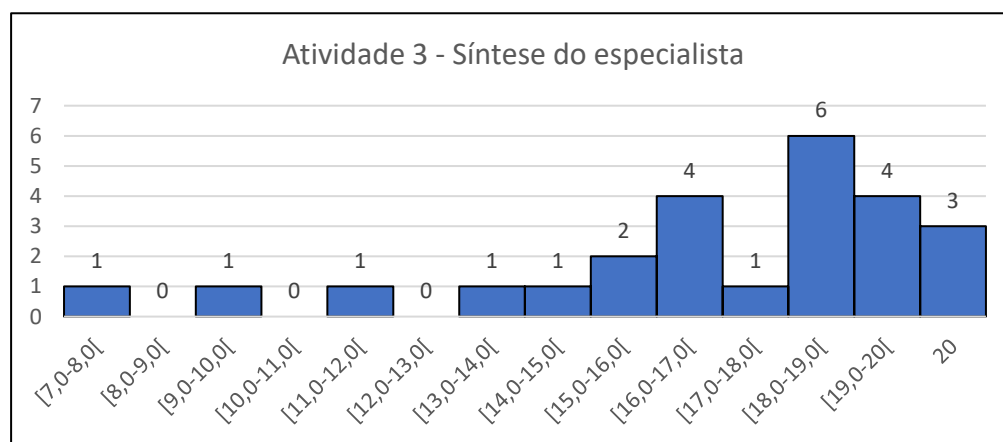
maioria dos alunos realizou sínteses muito boas, onde era evidente o domínio dos conteúdos e as informações relacionavam-se na maioria de forma lógica, com um bom rigor científico, estando no geral, bem escritas.

Nestas atividades, como sugerido por Fang, Hsu e Lin (2019), os alunos recolheram evidências científicas, mas também recorram ao raciocínio informal para compreenderem melhor a controvérsia em estudo. Além disso, para promover a interação social, apesar do contexto de ensino remoto, a atividade 1 foi realizada em grupo e para atividade 3 foi adaptado o Método de Jigsaw, como forma de auxiliar a aquisição de conhecimentos (*e.g.* reunião dos especialistas e partilha das sínteses dos especialistas com o grupo base) e o desenvolvimento de capacidades e atitudes importantes para a concretização da atividade (ver subcapítulo 2 e 3 deste capítulo).

Segundo os dados recolhidos e descritos no diário de campo (ver reflexão aula 9,10, 11 e 12) a participação dos alunos nestas atividades foi muito elevada, sendo reflexo da sua motivação. A análise dos trabalhos realizados, assim como a análise dos dados recolhidos são coerentes com o bom desempenho dos alunos na atividade 1 (Figura 36) e na atividade 3 (Figura 37). Na atividade 1 a classificação média dos trabalhos de grupo foi de 17,7 valores, sendo a classificação máxima de 18,8 valores e a classificação mínima de 16,3 valores. Por sua vez, na atividade 3, a classificação dos trabalhos realizados individualmente foi de 16,7 valores, a classificação máxima de 20 valores e a classificação mínima de 7,2 valores. As classificações dos alunos nestas duas atividades foram muito positivas e indicam que as atividades realizadas na fase de pré-decisão contribuíram para a aquisição dos conhecimentos necessários para as fases seguintes, tal como desejado (Fang, Hsu & Lin, 2019). Porém, na atividade 3 um aluno teve 7,2 porque copiou partes da síntese de outro colega. As três notas seguintes (9,5; 11,8 e 13,3) da figura 37 são de alunos que não entregaram uma versão provisória para melhoria ou não reformularam o trabalho de acordo com os meus comentários.



**Figura 36.** Classificações obtidas na atividade 1.



**Figura 37.** Classificações obtidas na atividade 3.

## 2.2. Que conhecimentos desenvolvem os alunos na fase de decisão?

De acordo com as respostas dos alunos ao questionário final (Apêndice X), na atividade 4 – Tomada de decisão em grupo – os alunos adquiriram conhecimentos substantivos relacionados com a atividade vulcânica da ilha do Fogo, sobre as vantagens de viver ao lado de um vulcão, os riscos associados às erupções vulcânicas e como minimizá-los. Além disso, um aluno afirma ter consolidado os conhecimentos adquiridos na fase anterior. Por sua vez, alguns alunos reconheceram a complexidade do exercício de tomada de decisão, ou seja, adquiram conhecimentos epistemológicos (Quadro 8). Um aluno referiu que não sabia o que tinha aprendido.

**Quadro 8.** Conhecimentos adquiridos na perspectiva dos alunos na atividade 4 da fase de decisão.

<b>Questão: Que conhecimentos adquiriste na atividade de tomada de decisão em grupo?</b>			
<b>Categorias</b>	<b>Subcategorias</b>	<b>Exemplos</b>	<b>n</b>
Conhecimento substantivo	Atividade vulcânica da ilha do Fogo	- “Os efeitos da erupção de 1995; as características do vulcanismo fissural; as características dos piroclastos [...]” - “Compreendi as sínteses de especialista dos meus colegas”	5
	Vantagens de viver ao lado de um vulcão	- “Com a atividade aprendi os aspetos que mantém a população de Chã das Caldeiras a viver perto de um vulcão [...]”	5
	Riscos vulcânicos	- “[...] os perigos de viver ao lado de um vulcão [...]”	1
	Minimização de riscos vulcânicos	- “[...] fui capaz descobrir possíveis soluções para minimizar os problemas que esta população ultrapassa.”	8
	Consolidação dos conhecimentos	- “Todos os meus conhecimentos foram adquiridos nas atividades anteriores. [...]”	1
Conhecimento epistemológico	Reconhecimento da complexidade do exercício de tomada decisão	- “Percebi que existem diversas opiniões e que nenhuma estava errada e que realmente estávamos com uma grande responsabilidade nas nossas mãos.” - “Que são necessárias varias opiniões para chegar a uma melhor solução para o problema em questão.”	7
Capacidade	Argumentação	- “[...] melhorar as nossas capacidades argumentativas.”	3

Na atividade 4 pretendia-se que os alunos interpretassem as informações recolhidas na fase de pré-decisão, compreendessem as dimensões da controvérsia sociocientífica, integrassem conhecimentos de matriz científica e humanística na tomada de decisão e construíssem argumentos e contra-argumentos válidos. Na atividade 4 ambicionava-se que os alunos mobilizassem o que tinham aprendido sobre o vulcanismo da região e o contexto social da população de Chã das Caldeiras, para tomarem uma decisão válida, suportada por argumentos lógicos de natureza variada e com base nas informações recolhidas. Além disso, foram desafiados a pensar numa proposta alternativa e a refutá-la.

Para a concretização desta atividade os alunos tiveram de estudar as sínteses dos colegas do *grupo base*, como explícito por um aluno “*Compreendi as sínteses de especialista dos meus colegas*” e alguns grupos recolheram ainda mais informações nesta fase, integrando-as na atividade 4, como indicado por um aluno “*Ao estudar e pesquisar algumas informações para construir os argumentos, aprendi novas formas*

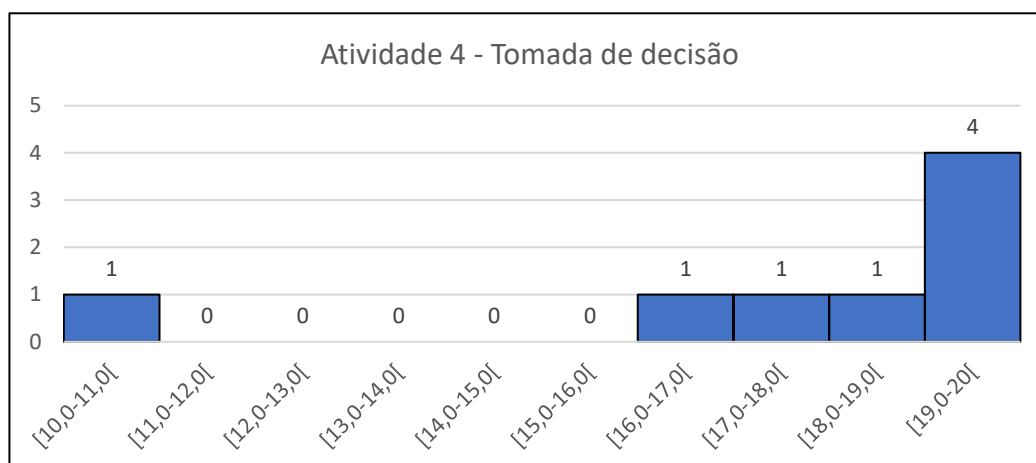
*de minimizar os perigos vulcânicos e conheci melhor a Ilha do Fogo.”*. Assim, nesta fase os alunos adquiriram conhecimentos substantivos tal como desejado (Quadro 8).

Durante a discussão com os colegas de grupo, para chegarem a uma decisão final e suportada por argumentos, os alunos tiveram de compreender a complexidade da controvérsia sociocientífica, as limitações das diferentes dimensões envolvidas e as interações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente, adquirindo assim conhecimentos epistemológicos (Quadro 8), sendo que alguns afirmaram que *“Percebi que existem diversas opiniões e que nenhuma estava errada e que realmente estávamos com uma grande responsabilidade nas nossas mãos.”* e *“Esta atividade permitiu-nos perceber melhor as dificuldades que se tem ao tomar uma decisão deste tipo e os passos necessários para tomar esta mesma decisão.”*

Nesta atividade, todos os grupos tomaram decisões válidas e coerentes no contexto da controvérsia em estudo e a maioria foi capaz de construir argumentos válidos com base nas informações recolhidas. À exceção do grupo 8, as propostas alternativas eram válidas e os contra-argumentos foram pensados de forma a refutá-la.

Através da análise dos trabalhos realizados, dos dados recolhidos e das reflexões é possível compreender que na fase de decisão os alunos adquiriram mais conhecimentos substantivos sobre a unidade do vulcanismo e/ou consolidaram o que tinham aprendido na fase anterior. Além disso, adquiriram conhecimentos epistemológicos, essenciais para o desenvolvimento da literacia científica. As decisões dos alunos e os argumentos refletem que foram capazes de integrar as informações recolhidas e os conhecimentos apreendidos na fase de pré-decisão, correspondente à fase de formulação do espaço de decisão de Fang, Hsu e Lin (2019), e que conseguiram integrar informações da dimensão científica e social tendo, por vezes, em conta os aspetos emotivos, como também verificado por Yang e Anderson (2003) (ver subcapítulo 4 deste capítulo).

Segundo os dados recolhidos e a reflexão da aula 15, 16 e 17, a participação dos alunos nesta atividade foi elevada. As conclusões são coerentes com o seu bom desempenho na atividade 4 (Figura 38), onde a classificação média dos trabalhos de grupo foi de 17,1 valores, a máxima foi de 19,0 valores e a mínima de 10,0 valores.



**Figura 38.** Classificações obtidas na atividade 4.

### 2.3. Que conhecimentos desenvolvem os alunos na fase de pós-decisão?

Após a análise das respostas dos alunos ao questionário final (Apêndice X), na atividade 5 – *Podcast* – e na atividade 6 – Discussão da controvérsia sociocientífica – os alunos referem que adquiriram conhecimentos substantivos relacionados com a atividade vulcânica da ilha do Fogo, os riscos vulcânicos e como os mitigar, sobre a geografia da ilha, sendo que também consolidaram conhecimentos. Por sua vez, alguns alunos indicam que se aperceberam da possibilidade de existência de várias soluções no exercício de tomada de decisão e que através da discussão compreenderam melhor as decisões dos outros grupos, ou seja, adquiram conhecimentos epistemológicos (Quadro 9). No entanto, um aluno afirma que não sabe que conhecimentos adquiriu.

**Quadro 9.** Conhecimentos adquiridos na perspectiva dos alunos na atividade 5 e 6 da fase de pós-decisão.

<b>Questão:</b> Que conhecimentos adquiriste nestas duas atividades (discussão e podcast)?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	n
Conhecimento substantivo	Atividade vulcânica da ilha do Fogo	- “Fiquei a saber muito mais da Ilha do Fogo e de Cabo Verde.” - “Através da discussão, consegui compreender melhor as regiões afetadas, [...] Com o podcast percebi melhor a geologia da Ilha do Fogo, incluindo o seu vulcanismo [...]”	6
	Riscos vulcânicos	- “os riscos e perigos que têm por viverem ao lado de um vulcão.”	2
	Minimização de riscos vulcânicos	- “Aprendi outras maneiras de minimizar os perigos associados ao vulcanismo.”	2
	Geografia da ilha do Fogo	- “Alguns locais alternativos onde a população de Chã das Caldeiras pode residir.”	1



	Consolidação dos conhecimentos	- “Todos os meus conhecimentos foram adquiridos nas atividades anteriores.” - “Em relação ao podcast, ajudou-me a consolidar tudo o que tinha aprendido.”	3
Conhecimento epistemológico	Reconhecimento da complexidade do exercício de tomada decisão	- “Com estas atividades consegui perceber que existem muitos pontos de vista diferentes e que nenhum deles resolveria a situação a 100%.” - “Na discussão aprendi a expor o meu ponto de vista, a tentar ouvir mais os outros e que existem decisões na vida que não podem ser rotuladas como certas ou erradas devido à sua complexidade.” - “Conheci melhor as opiniões dos meus colegas acerca deste tema que nunca me lembraria.” - “Que existem diversas opiniões e que devemos respeitadas [...]”	8
Capacidade	Utilização do PowerPoint	- “Soube como fazer um podcast simples através do powerpoint.”	3
Outros		- “[...] tomar decisões em grupo” - “[...] aumento na minha capacidade argumentativa.”	3

Na atividade 5 – *Podcasts* – para consolidar o que tinham aprendido nas fases anteriores, os alunos construíram um recurso educativo destinado à população de Chã das Caldeiras. Na atividade 6 – Discussão da controvérsia sociocientífica – pretendia-se que os alunos mobilizassem e aprofundassem os seus conhecimentos e integrassem as diferentes dimensões da controvérsia, assim como desenvolvessem capacidades e atitudes importantes (ver subcapítulo 2 e 3 deste capítulo).

Como os alunos não discriminaram exatamente nas suas respostas que conhecimentos adquiriam na atividade 5 e na atividade 6 a sua análise será realizada em conjunto, sendo posteriormente completada com a análise dos trabalhos. Nestas duas atividades – fase de pós-decisão – alguns alunos afirmam ter consolidado a matéria, por exemplo “[...] *podcast, ajudou-me a consolidar tudo o que tinha aprendido.*”, ou “*Os mesmo que nas sínteses e na tomada de decisão*”. Além disso, alguns alunos reforçam que estas atividades permitiram que adquirissem mais conhecimentos substantivos, por exemplo, “*Através da discussão, consegui compreender melhor as regiões afetadas, [...] Com o podcast percebi melhor a geologia da Ilha do Fogo, incluindo o seu vulcanismo*” (Quadro 9).

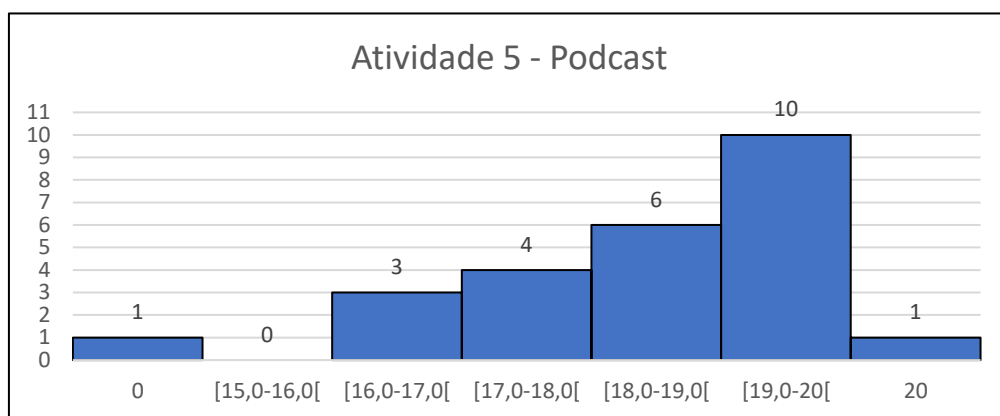
Na atividade 5 – *Podcast* – três alunos afirmam ter aprendido a “*fazer um podcast simples através do powerpoint.*”. No entanto, apesar dos outros alunos não referirem, também aprenderam a utilizar o PowerPoint para gravar o *podcast*.

Alguns alunos afirmam que se aperceberam da complexidade do exercício de tomada decisão e da inexistência de uma solução universal para resolver a controvérsia sociocientífica, o que vai ao encontro da definição de Reis (2009, 2013) e Sadler e Zeidler (2005). Os alunos afirmam, por exemplo, que *“Com estas atividades consegui perceber que existem muitos pontos de vista diferentes e que nenhum deles resolveria a situação a 100%.”*, *“Na discussão aprendi a expor o meu ponto de vista, a tentar ouvir mais os outros e que existem decisões na vida que não podem ser rotuladas como certas ou erradas devido à sua complexidade.”* e *“Conheci melhor as opiniões dos meus colegas acerca deste tema que nunca me lembraria.”*, sendo reflexo da aquisição de conhecimentos epistemológicos (Quadro 9).

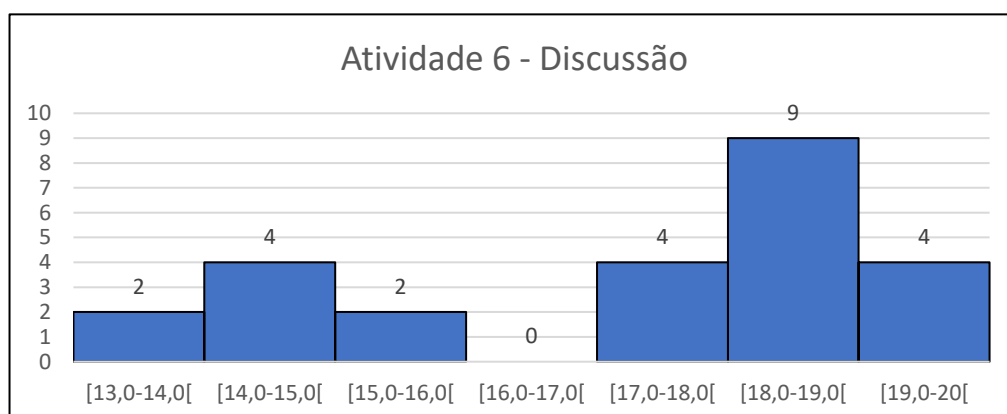
Na atividade 5 – *Podcast* – os alunos exploram todos os conteúdos pedidos, ou seja, as informações que recolheram na fase de pré-decisão, à exceção de um grupo que explorou a maioria dos conteúdos pedidos. Além disso, todos apresentaram as suas decisões e os argumentos. A maioria dos *podcasts* tinham um bom potencial educativo, onde as informações eram introduzidas de forma lógica e eram explicadas aos ouvintes. Quanto à clareza vocal, a maioria dos alunos teve um bom desempenho. Segundo Forbes (2011) os alunos adquirem conhecimentos ao pesquisarem os temas para o *podcast*, tal como verificado anteriormente através das respostas dos alunos e através da análise dos seus trabalhos. Além disso, foram capazes de criar um produto mobilizando tudo que tinham aprendido anteriormente e conseguiram gravar o *podcast* no PowerPoint. Nesta atividade os alunos tiveram uma elevada participação (ver reflexão aula 15, 16 e 17), sendo reflexo da sua motivação. Este resultado vai ao encontro do estudo de Forbes (2011) que refere que quando os *podcasts* são criados pelos alunos estes sentem-se motivados por terem a oportunidade de se expressarem. Estes resultados são apoiados pelo bom desempenho dos alunos na atividade 5 (Figura 39), onde a classificação média foi de 17,4 valores, a máxima de 20 valores e a mínima 0 valores (aluno que não entregou o trabalho).

Na atividade 6 – Discussão da controvérsia sociocientífica – todos os alunos participaram na apresentação da decisão e dos argumentos, a participação dos alunos na discussão foi heterogénea, sendo que a clareza do discurso, a argumentação e o rigor científico foram bons ao longo da discussão. Na discussão alguns alunos foram capazes de mobilizar vários argumentos, pertencentes a dimensões variadas (científica, social e/ou emotiva), com bom rigor, de acordo com a avaliação da atividade. Estes resultados vão ao encontro do descrito por Reis e Galvão (2008) que afirmam que

através da discussão de controvérsias sociocientíficas os alunos compreendem conteúdos científicos, podendo estas contribuir para desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos estudantes. Esta análise é coerente com bom desempenho dos alunos nesta atividade (Figura 40) onde a classificação média foi de 16,7 valores, a máxima foi de 19,0 valores e a mínima de 13,0 valores.



**Figura 39.** Classificações obtidas na atividade 5.



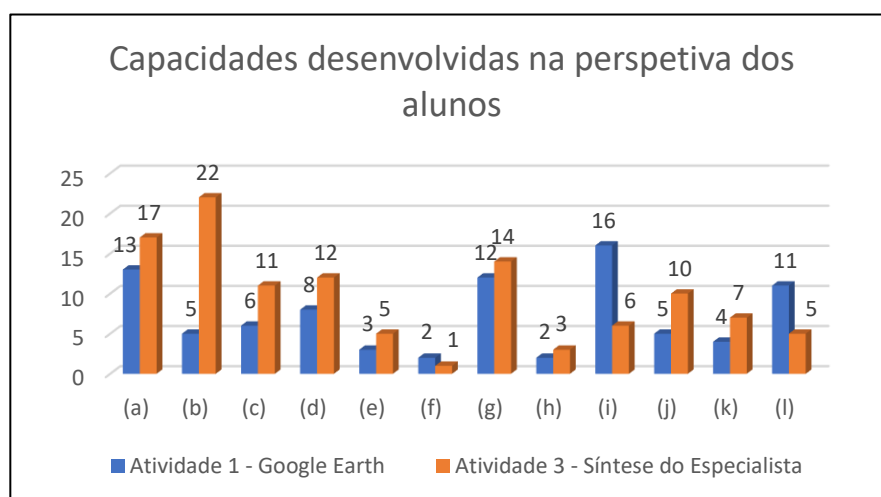
**Figura 40.** Classificações obtidas na atividade 6.

### 3. Que capacidades desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?

#### 3.1. Que capacidades desenvolvem os alunos na fase de pré-decisão?

Segundo o questionário final (Apêndice X), na atividade 1 – Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* – as capacidades mais selecionadas pelos alunos ( $\geq 10$  seleções) foram: (a) Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística; (i) Cooperação e colaboração com os colegas e (l) Manipulação das

tecnologias de informação e comunicação. Quando à atividade 3 – Síntese do especialista – as capacidades que os alunos mais desenvolveram na sua perspetiva ( $\geq 10$  seleções) foram: (a) Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais; (b) Pesquisa e síntese de informação; (c) Transformação de informação em conhecimento; (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística e (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões (Figura 41).



**Figura 41.** Capacidades desenvolvidas na perspetiva dos alunos na fase de pré-decisão (n=23)

- (a) Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais
- (b) Pesquisa e síntese de informação
- (c) Transformação de informação em conhecimento
- (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões
- (e) Argumentação de forma informada
- (f) Comunicação
- (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística
- (h) Avaliação do impacto das suas decisões
- (i) Cooperação e colaboração com os colegas
- (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões
- (k) Criação de produtos
- (l) Manipulação das tecnologias de informação e comunicação

Para as atividades 1 e 3 pretendia-se que os alunos desenvolvessem as seguintes capacidades: (a) Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais (atividade 1 e 3), (i) Cooperação e colaboração com os colegas (atividade 1 e 3), (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística (atividade 1 e 3), (l) Manipulação das tecnologias de informação e comunicação (foco na atividade 1), (b) Pesquisa e síntese de informação (foco na atividade 3), (c) Transformação de informação em conhecimento (atividade 1 e 3). Assim, a maioria

das capacidades selecionadas pelos alunos estão de acordo com as selecionadas pela professora.

Na fase de pré-decisão pretendia-se que os alunos reunissem a informação necessária para as fases seguintes e explorassem a controvérsia sociocientífica através da construção de conhecimentos num contexto real. Segundo Reis (2013) os alunos desenvolvem capacidades de pesquisa e análise de informação, de comunicação e argumentação, de tomada de decisão e de resolução de problemas durante o estudo de controvérsias sociocientíficas, sendo que algumas das capacidades anteriormente selecionadas, nomeadamente: (a) Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais, (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística, (b) Pesquisa e síntese de informação e (c) Transformação de informação em conhecimento, estão em linha com o que autor descreve. Além disso, para a atividade 1 os alunos selecionaram frequentemente a opção (i) Cooperação e colaboração com os colegas, o que faz sentido porque esta atividade foi realizada em grupo. No entanto, apesar dos alunos não terem selecionado frequentemente esta capacidade na atividade 3, provavelmente terá sido desenvolvida porque, apesar do método de Jigsaw ter sido adaptado para o contexto de ensino remoto, os alunos cooperaram durante a reunião de especialistas e com a partilha das sínteses.

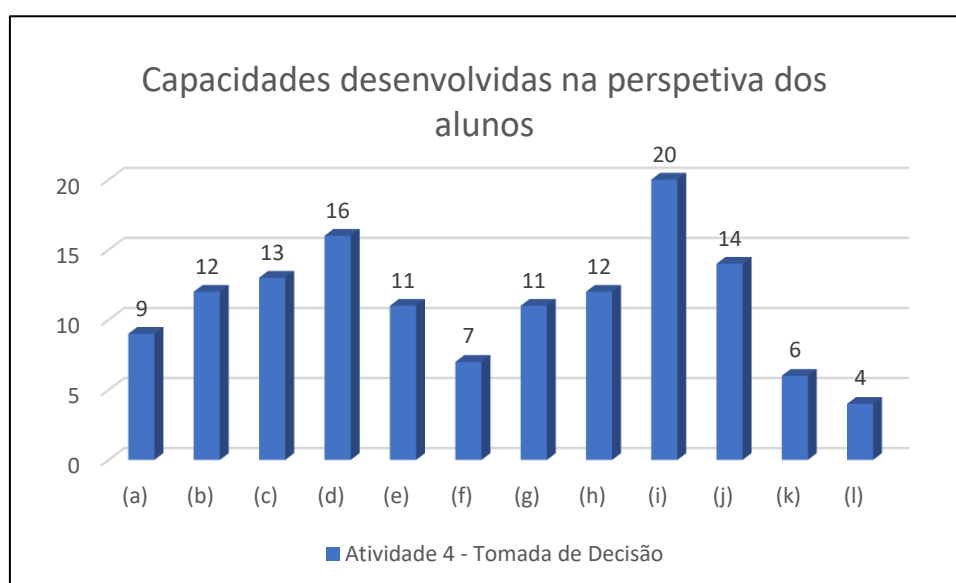
Por fim, os alunos desenvolveram a capacidade de (l) Manipulação das tecnologias de informação e comunicação, especialmente na atividade 1, visto que tiveram de utilizar autonomamente a aplicação *Google Earth* para concretizar a atividade. Além disso, na atividade 3 conseguiram utilizar o motor de busca com eficácia visto que alguns alunos descobriram boas referências, incluindo teses de mestrado, que utilizaram na síntese de especialista.

A fase de pré-decisão corresponde à fase 1: *Formulação do espaço de decisão* de Fang, Hsu e Lin (2019), onde os alunos recolhem e analisam as informações necessária para as fases seguintes. Assim, as capacidades selecionadas pelos alunos e pela professora fazem sentido de acordo com os objetivos desta fase.

O bom desempenho dos alunos nas duas atividades (Figura 36 e 37) permite inferir que desenvolveram as capacidades essenciais para a sua concretização.

### 3.2. Que capacidades desenvolvem os alunos na fase de decisão?

Segundo o questionário final (Apêndice X), na atividades 4 – Tomada de decisão – as capacidades mais selecionadas ( $\geq 10$  seleções) pelos alunos foram: (b) Pesquisa e síntese de informação; (c) Transformação de informação em conhecimento; (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões; (e) Argumentação de forma informada; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística; (h) Avaliação do impacto das suas decisões; (i) Cooperação e colaboração com os colegas e (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões (Figura 42).



**Figura 42.** Capacidades desenvolvidas na perspectiva dos alunos na fase de decisão (n = 23).

- (a) Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais
- (b) Pesquisa e síntese de informação
- (c) Transformação de informação em conhecimento
- (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões
- (e) Argumentação de forma informada
- (f) Comunicação
- (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística
- (h) Avaliação do impacto das suas decisões
- (i) Cooperação e colaboração com os colegas
- (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões
- (k) Criação de produtos
- (l) Manipulação das tecnologias de informação e comunicação

Para a atividade 4 pretendia-se que os alunos desenvolvessem as seguintes capacidades: (b) Pesquisa e síntese de informação; (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões; (e) Argumentação de forma informada; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística; (h) Avaliação do impacto das suas decisões; (i) Cooperação e colaboração com os colegas; (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões. Todas as

capacidades selecionadas pelos alunos correspondem às selecionadas pela professora. Os alunos selecionaram ainda com alguma frequência (c) Transformação de informação em conhecimento, o que é curioso e indicador de que a fase de decisão foi enriquecedora para os alunos.

Na fase de decisão alguns alunos pesquisaram ainda mais informações para construir os argumentos fazendo sentido que alguns tenham selecionado a opção (b) Pesquisa e síntese de informação. A fase de decisão compreende a fase 2: Formulação da estratégia de tomada de decisão e a fase 3: Reflexão sobre o processo de decisão e a decisão de Fang, Hsu, Lin (2019), pelo que de acordo com os objetivos destas fases faz sentido que as capacidades de (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões; (e) Argumentação de forma informada; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística; (h) Avaliação do impacto das suas decisões, (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões tenham sido selecionadas. Por esta fase do exercício de tomada de decisão fomentar a interação social entre os elementos dos grupos base compreende-se que a (i) Cooperação e colaboração com os colegas tenha também sido desenvolvida. Segundo Reis (2013) o estudo de controvérsias sociocientíficas permite o desenvolvimento de capacidades de pesquisa e análise de informação, comunicação, argumentação, de tomada de decisão e de resolução de problemas, pelo que algumas das capacidades selecionadas vão ao encontro das indicadas pelo autor, sendo as outras específicas deste exercício de tomada de decisão.

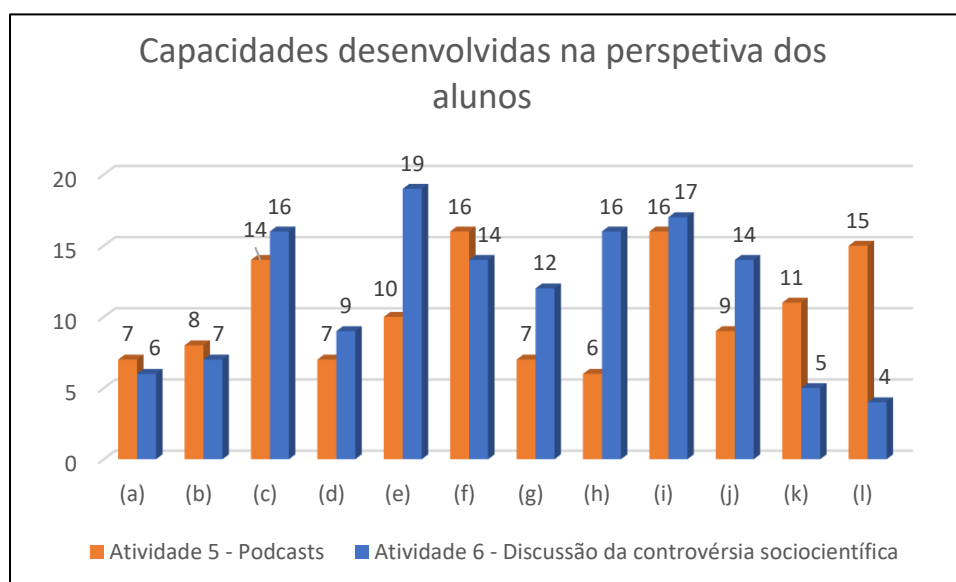
O bom desempenho dos alunos na atividade 4 (Figura 38) permite inferir que desenvolveram as capacidades essenciais para a sua concretização com sucesso.

### **3.3. Que capacidades desenvolvem os alunos na fase de pós-decisão?**

A fase de pós-decisão compreendia a atividade 5 – *Podcasts* – e a atividade 6 – Discussão da controvérsia sociocientífica, que correspondem à fase 3: Reflexão sobre o processo de decisão e a decisão de Fang, Hsu e Lin (2019).

As capacidades mais selecionadas pelos alunos ( $\geq 10$  seleções) para a atividade 5 – *Podcasts* – foram: (c) Transformação de informação em conhecimento, (e) Argumentação de forma informada; (f) Comunicação; (i) Cooperação e colaboração com os colegas; (k) Criação de produtos e (l) Manipulação das tecnologias de informação e comunicação (Figura 43).

As capacidades mais selecionadas pelos alunos ( $\geq 10$  seleções) para a atividade 6 – Discussão da controvérsia – foram: (c) Transformação de informação em conhecimento, (e) Argumentação de forma informada; (f) Comunicação; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística; (h) Avaliação do impacto das suas decisões; (i) Cooperação e colaboração com os colegas e (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões (Figura 43).



**Figura 43.** Capacidades desenvolvidas na perspectiva dos alunos na fase de pós-decisão (n=23).

- (a) Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais
- (b) Pesquisa e síntese de informação
- (c) Transformação de informação em conhecimento
- (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões
- (e) Argumentação de forma informada
- (f) Comunicação
- (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística
- (h) Avaliação do impacto das suas decisões
- (i) Cooperação e colaboração com os colegas
- (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões
- (k) Criação de produtos
- (l) Manipulação das tecnologias de informação e comunicação

Na atividade 5 pretendia-se que os alunos desenvolvessem as seguintes capacidades: (b) Pesquisa e síntese de informação; (e) Argumentação de forma informada; (f) Comunicação; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística (i) Cooperação e colaboração com os colegas; (k) Criação de produtos e (l) Manipulação das tecnologias de informação e comunicação.

Assim, a maioria das capacidades selecionadas pelos alunos coincidem com as selecionadas pela professora. Segundo Forbes (2011) quando os alunos produzem *podcasts* desenvolvem capacidades de comunicação, de apresentação e relacionadas com a gravação, a edição e a produção de podcasts. Além disso, pretendia-se que os



alunos refletissem sobre o que tinham apreendido, a sintetizar informação, a compreender as diferentes dimensões da controvérsia sociocientífica. Além disso, ao realizarem o *podcast* em grupo cooperaram com os colegas.

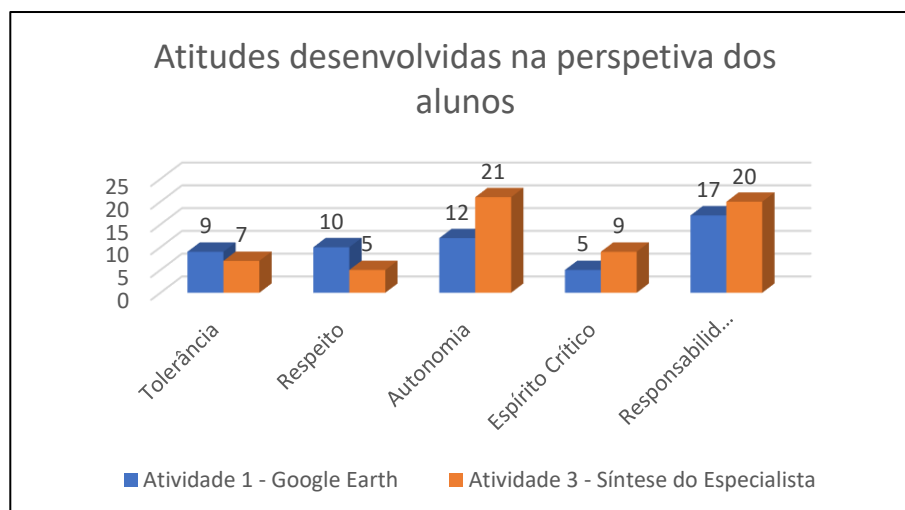
Para a atividade 6 ambicionava-se que os alunos desenvolvessem as seguintes capacidades: (d) Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões; (e) Argumentação de forma informada; (f) Comunicação; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística; (h) Avaliação do impacto das suas decisões; (i) Cooperação e colaboração com os colegas e (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões. Assim, a maioria das capacidades selecionadas pelos alunos coincidem com as selecionadas pela professora. Segundo Hilário & Reis (2009) a discussão de controvérsias sociocientíficas promove o desenvolvimento de capacidades de comunicação, reflexão e argumentação, pelo que as seguintes capacidades: (e) Argumentação de forma informada; (f) Comunicação; (g) Compreensão de informações de natureza científica e humanística; (h) Avaliação do impacto das suas decisões e (j) Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões, vão ao encontro deste estudo. Além disso, a discussão constituiu um momento de reflexão onde se desejava que através da interação social os alunos coconstruíssem os seus conhecimentos (Simonneaux, 2008) e refletissem sobre as diferentes soluções. Assim, neste contexto faz sentido que a atividade 6 tenha promovido a (i) Cooperação e colaboração com os colegas.

O bom desempenho dos alunos nestas duas atividades (Figura 39 e 40) permite inferir que desenvolveram as capacidades essenciais para a sua realização.

#### **4. Que atitudes desenvolvem os alunos ao longo das três fases deste exercício de tomada de decisão?**

##### **4.1. Que atitudes desenvolvem os alunos na fase de pré-decisão?**

Segundo o questionário final (Apêndice X), as atitudes mais desenvolvidas na perspetiva dos alunos ( $\geq 10$  seleções) na atividade 1 – Exploração da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* – foram o *respeito*, a *autonomia* e a *responsabilidade*. Por sua vez, para a atividade 3 – Síntese do especialista – os alunos selecionaram frequentemente as opções de *autonomia* e *responsabilidade* ( $\geq 10$  seleções) (Figura 44).

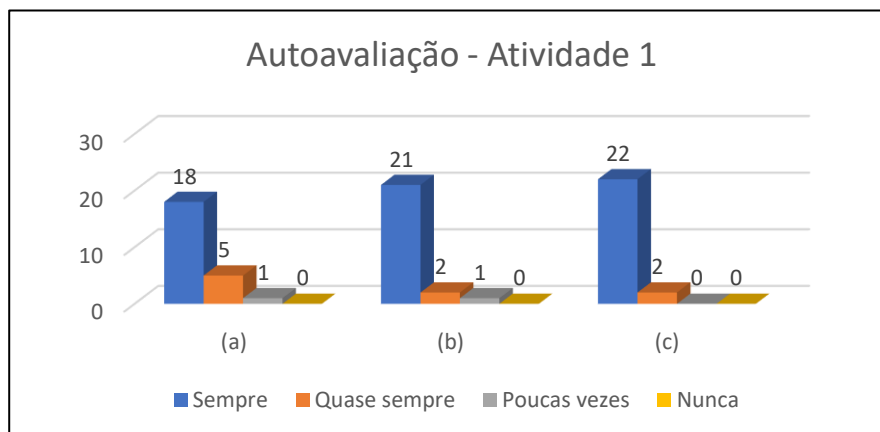


**Figura 44.** Atitudes desenvolvidas na perspectiva dos alunos na fase de pré-decisão (n=23).

Na atividade 1 pretendia-se que os alunos, em grupo, explorassem a ilha do Fogo na aplicação *Google Earth*. Para a atividade 1, na ficha de auto e heteroavaliação, a maioria dos alunos selecionou *sempre* ou *quase sempre* as opções: (a) Explorei ativamente Ilha do Fogo, no *Google Earth* e (b) Contribui para a concretização da atividade em grupo (Figura 45) pelo que as atitudes que identificaram, *respeito*, *autonomia* e *responsabilidade* fazem sentido.

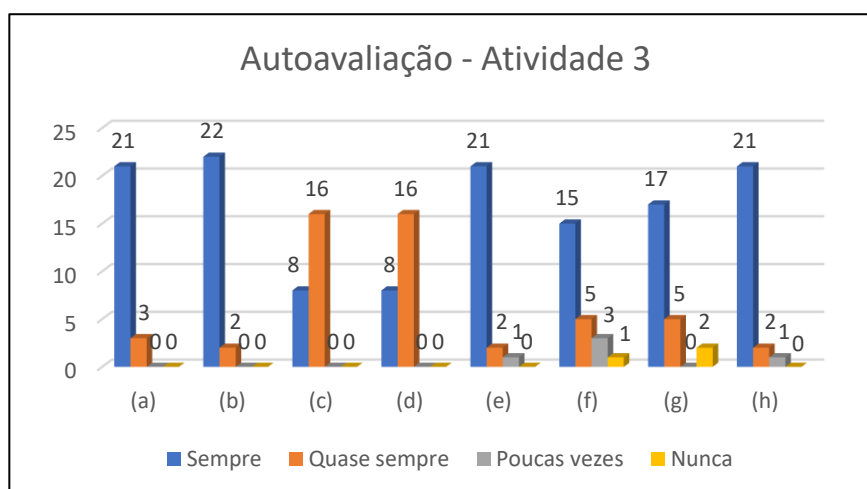
Por sua vez, na atividade 3 os alunos ficaram responsáveis pela elaboração da síntese do especialista. Os alunos sabiam que esta fase do exercício de tomada de decisão (fase 1 da estrutura de Fang, Hsu e Lin, 2019) era importante para que a decisão do grupo fosse informada e coerente, pelo que as atitudes selecionadas fazem sentido de acordo com os objetivos das atividades. Para a atividade 3 a professora reforçou várias vezes nas aulas que o sucesso do grupo dependia do bom desempenho individual na atividade de síntese do especialista, tendo em conta o método de aprendizagem cooperativa e os pressupostos de Johnson e Johnson (2013). Desta forma, faz sentido que um elevado número de alunos tenha selecionado as opções *responsabilidade* e *autonomia*. Além disso, segundo a ficha de auto- e heteroavaliação a maioria dos alunos selecionou *sempre* ou *quase sempre* as opções: (e) Compreendi que o meu desempenho individual afetaria o desempenho do meu grupo de decisão; (f) Participei na reunião dos especialistas e ajudei os meus colegas e (g) Senti a responsabilidade de realizar um bom trabalho individual pois o meu desempenho afetaria o sucesso do meu grupo (Figura 46), o que corrobora as atitudes selecionadas para a atividade 3.

Um aspeto negativo é que poucos alunos selecionaram a opção *espírito crítico*, que era uma atitude importante nesta fase, especialmente durante a seleção e interpretação das informações recolhidas. No entanto, os alunos realizaram bons trabalhos pelo que provavelmente subvalorizaram esta atitude.



**Figura 45.** Autoavaliação dos alunos na atividade 1 (n=24).

- (a) Explorei ativamente a Ilha do Fogo no *Google Earth*.
- (b) Contribui para a concretização da atividade em grupo.
- (c) Realizei a atividade no tempo proposto.



**Figura 46.** Autoavaliação dos alunos na atividade 3 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013).

- (a) Empenhei-me ativamente na realização da síntese do especialista.
- (b) Pesquisei e sintetizei informações relevantes para a elaboração da síntese do especialista.
- (c) Utilizei os conceitos científicos de forma correta.
- (d) A minha síntese foi escrita de forma clara.
- (e) Compreendi que o meu desempenho individual afetaria o desempenho do meu grupo de decisão.
- (f) Participei na reunião dos especialistas e ajudei os meus colegas.
- (g) Senti a responsabilidade de realizar um bom trabalho individual pois o meu desempenho afetaria o sucesso do meu grupo.
- (h) Realizei a atividade no tempo proposto.

#### 4.2. Que atitudes desenvolvem os alunos na fase de decisão?

De acordo com as respostas dos alunos questionário final (Apêndice X), as atitudes mais desenvolvidas, na perspectiva dos alunos ( $\geq 10$  seleções), na atividade 4 – Tomada de decisão – foram a *tolerância*, o *respeito*, o *espírito crítico* e a *responsabilidade* (Figura 47).



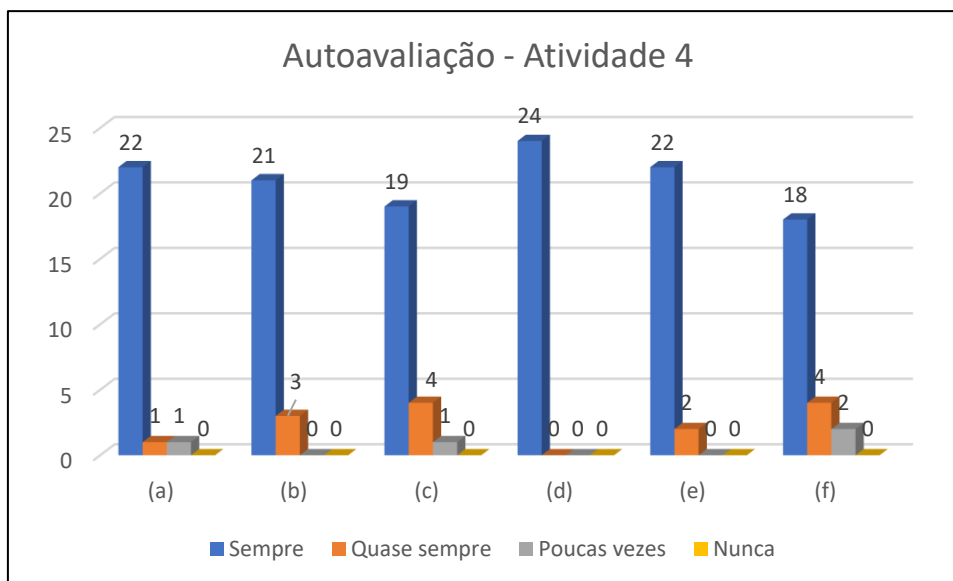
**Figura 47.** Atitudes desenvolvidas na perspectiva dos alunos na fase de decisão (n=23).

Na atividade 4 pretendia-se que os alunos tomassem uma decisão válida e suportada por argumentos lógicos de natureza variada e com base nas informações recolhidas na fase de pré-decisão. Além disso, os alunos foram desafiados a pensar numa proposta alternativa e a refutá-la. As opções selecionadas (Figura 47) enquadram-se nos objetivos da atividade, visto que para a tomada de decisão e estruturação dos argumentos em grupos é necessário que os alunos tenham *tolerância* e *respeito* pela a opinião dos outros elementos do grupo, *espírito crítico* ao analisar as diferentes soluções para o desafio proposto e *responsabilidade* porque apesar do exercício de tomada de decisão ser hipotético os alunos foram sempre incentivados a refletir sobre o que realmente aconteceria à população se a decisão do seu grupo fosse tomada. Segundo os resultados da ficha de auto- e heteroavaliação (Figura 48) a grande maioria dos alunos selecionou com maior frequência *sempre* ou *quase sempre* as seguintes opções: (b) Colaborei com os outros elementos do grupo para a tomada de decisão e estruturação dos argumentos; (c) Colaborei com os outros elementos do grupo para a descrição de uma proposta alternativa e para a construção dos contra-argumentos; (d) Contribui para o bom funcionamento do grupo de decisão e (f) Avaliei o impacto da decisão do meu grupo se esta fosse aplicada numa situação real. A seleção

destas opções permite compreender as atitudes selecionadas pelos alunos no questionário final (Figura 47).

Curiosamente, provavelmente devido à complexidade da tomada de decisão e apesar da professora não ter registado um aumento de emails com dúvidas nesta fase, a atitude *autonomia* não foi das opções mais selecionadas pelos alunos.

A fase de decisão era provavelmente a fase mais desafiante do exercício de tomada de decisão e onde os alunos tinham de relacionar tudo o que tinham aprendido sobre a controvérsia sociocientífica. Segundo Reis (2013), o estudo de controvérsias sociocientíficas permite o desenvolvimento de atitudes como o respeito, a tolerância e a democracia pelo que as opções selecionadas pelos alunos vão ao encontro do descrito pelo autor. O facto de os alunos terem selecionado também frequentemente as opções *espírito crítico* e *responsabilidade* pode ser um indicador que compreenderam o impacto da sua decisão caso fosse aplicada a uma situação real (Figura 48-f).



**Figura 48.** Autoavaliação dos alunos na atividade 4 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013).

- (a) Enviei a síntese do especialista ao meu grupo e esclareci as dúvidas que me foram colocadas para assim tomarmos uma decisão informada.
- (b) Colaborei com os outros elementos do grupo para a tomada de decisão e estruturação dos argumentos.
- (c) Colaborei com os outros elementos do grupo para a descrição de uma proposta alternativa e para a construção dos contra-argumentos.
- (d) Contribui para o bom funcionamento do grupo de decisão.
- (e) Realizei a atividade no tempo proposto.
- (f) Avaliei o impacto da decisão do meu grupo se esta fosse aplicada numa situação real.

### 4.3. Que atitudes desenvolvem os alunos na fase de pós-decisão?

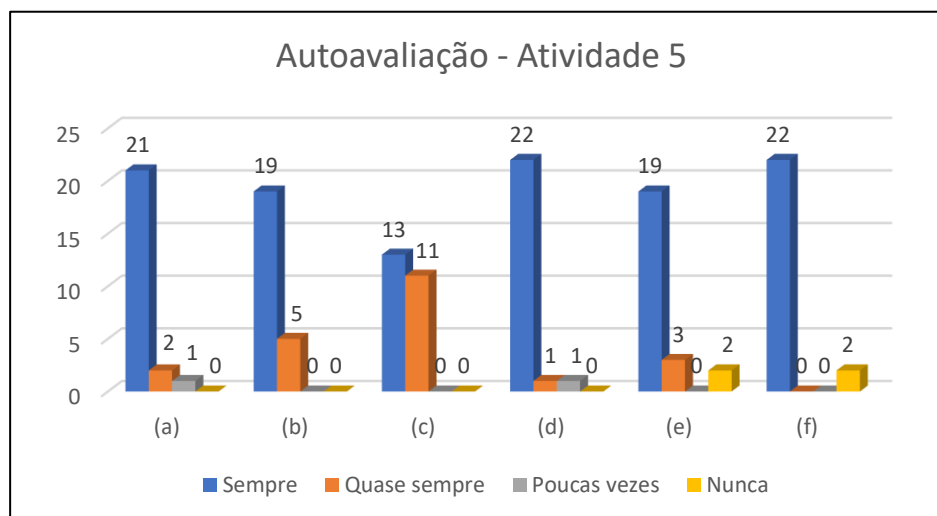
Segundo com as respostas dos alunos ao questionário final (Apêndice X), as atitudes mais desenvolvidas na perspectiva dos alunos ( $\geq 10$  seleções) na atividade 5 – *Podcasts* – foram *respeito*, *autonomia* e *responsabilidade*. Na atividade 6 – Discussão da controvérsia sociocientífica – os alunos selecionaram mais ( $\geq 10$  seleções) as opções *tolerância*, *respeito*, *espírito crítico* e *responsabilidade* (Figura 49).



**Figura 49.** Atitudes desenvolvidas na perspectiva dos alunos na fase de pós-decisão (n=23).

Na atividade 5 – *Podcasts* – os alunos foram desafiados a criar um recurso educativo destinado à população de Chã das Caldeiras, para consolidarem e refletirem sobre tudo o que tinham aprendido nas fases anteriores. No entanto, para afastar atitudes dogmáticas que pudessem surgir durante a construção do *podcast*, foi indicado que os alunos não deviam fazer juízos de valor sobre a controvérsia sociocientífica em estudo por se tratar de um *podcast* educativo. Desta forma a seleção da opção *respeito* faz sentido de acordo com os objetivos da atividade. De acordo com as respostas dos alunos na ficha de autoavaliação, a maioria dos alunos selecionou *sempre* e *quase sempre* as opções (a) Contribui ativamente para a concretização do podcast; (b) Participei ativamente para criar um podcast com potencial educativo; (c) Utilizei os conceitos científicos de forma correta; (d) Realizei a atividade no tempo proposto; (e) Colaborei com os meus colegas para a concretização do podcast; (f) Contribui para o bom funcionamento do grupo de decisão. Além disso, à exceção dos elementos do grupo 4 que acabaram por fazer *podcasts* individuais todos os outros grupos realizaram bons *podcasts*, com um bom potencial educativo, e onde todos os elementos do grupo

participaram. Assim, as atitudes mais selecionadas pelos alunos - *respeito*, *autonomia* e *responsabilidade* - fazem sentido de acordo com os objetivos da atividade.



**Figura 50.** Autoavaliação dos alunos na atividade 5 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013).

- (a) Contribuí ativamente para a concretização do podcast.
- (b) Participei ativamente para criar um podcast com potencial educativo.
- (c) Utilizei os conceitos científicos de forma correta.
- (d) Realizei a atividade no tempo proposto.
- (e) Colaborei com os meus colegas para a concretização do podcast.
- (f) Contribuí para o bom funcionamento do grupo de decisão.

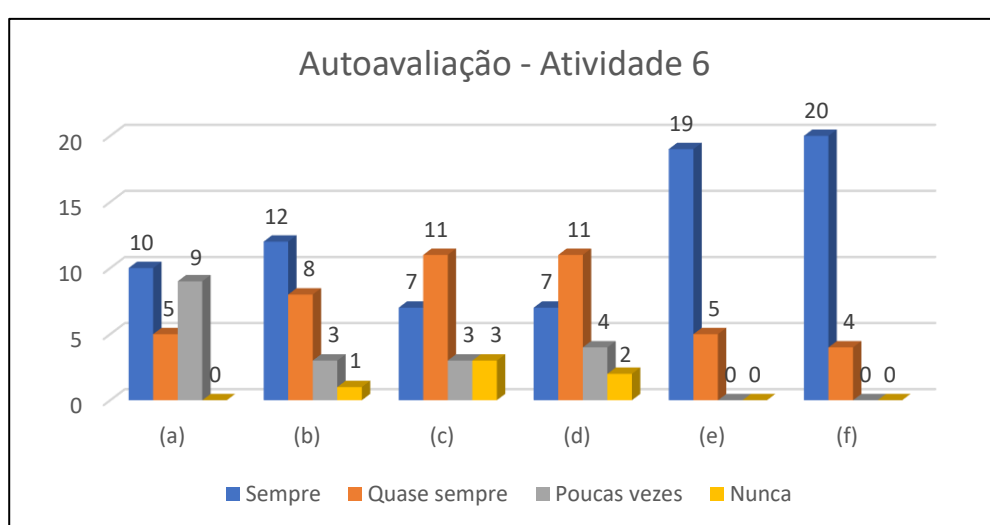
A atividade 6 – Discussão da controvérsia sociocientífica – enquadra-se fase 3: Reflexão sobre o processo de decisão e a decisão de Fang, Lin e Hsu (2019). Desta forma, a aula onde foi realizada a discussão foi dividida em três momentos: (1) Apresentação das decisões e discussão das propostas de cada grupo; (2) Apresentação de uma possível solução do Professor José Madeira e reflexão sobre a mesma; (3) Reflexão sobre o exercício de tomada de decisão e sobre as decisões dos alunos.

De acordo com a observação da aula e tendo em conta o desempenho dos alunos, apesar da discussão ter sido realizada através de videoconferência, os alunos demonstraram sempre *respeito* e de *tolerância* pela opinião dos colegas. O entusiasmo dos alunos e o seu *espírito crítico* foram fundamentais para concretização dos objetivos da aula. Além disso, os alunos selecionaram frequentemente a opção *responsabilidade*, possivelmente porque através dos diversos momentos de reflexão compreenderam o impacto que a sua decisão teria se fosse realmente aplicada.

Na atividade 6 os desempenhos dos alunos (Figura 40) foram mais heterogêneos e as respostas dos alunos na ficha de autoavaliação são reflexo disso. No entanto, todos os alunos selecionaram que aceitaram pontos de vista diferentes dos

seus, *sempre* ou *quase sempre* (Figura 51), sendo este resultado um reflexo positivo da atividade e um indicador de que realmente as atitudes selecionadas pelos alunos como o *respeito*, a *tolerância* e a *responsabilidade* foram desenvolvidas.

A discussão de controvérsias sociocientíficas é uma atividade importante pois permite que os alunos reflitam sobre um problema e sobre as possíveis soluções (Galvão, Reis & Freire, 2011; Reis, 2009). Além disso, segundo Galvão, Reis e Freire (2011) e Reis (2009), através desta atividade o professor promove o desenvolvimento de valores como o respeito, a tolerância, a liberdade de discussão e o afastamento de atitudes dogmáticas, sendo que as atitudes selecionadas pelos alunos vão ao encontro dos estudos destes autores.



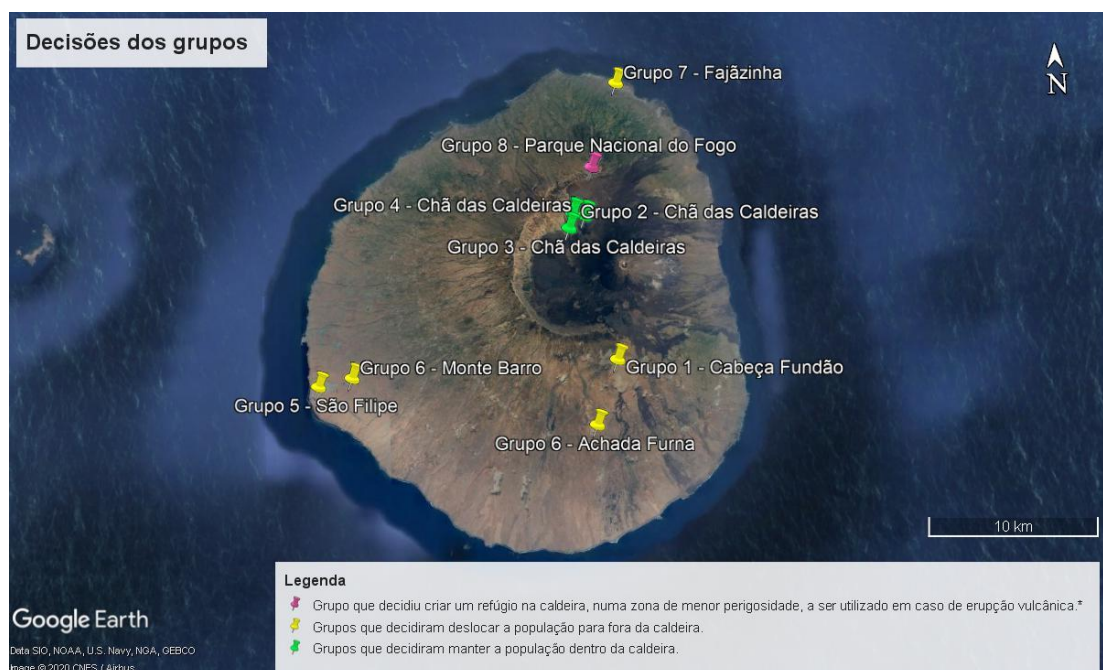
**Figura 51.** Autoavaliação dos alunos na atividade 5 (n = 24). A construção da ficha de auto- e heteroavaliação teve por base os pressupostos de Johnson e Johnson (2013).

- (a) Participei ativamente na discussão.
- (b) Mobilizei os conhecimentos adquiridos ao longo do exercício de tomada de decisão para enriquecer a discussão.
- (c) Fui capaz de argumentar e contra-argumentar durante a discussão.
- (d) Fui capaz de elaborar um discurso claro para explicar as minhas ideias.
- (e) Aceitei pontos de vista diferentes dos meus.
- (f) Contribuí para a apresentação da decisão e/ou argumentos do grupo



## 5. Que dimensões (científica, social e/ou emotiva) integram os alunos durante a tomada de decisão?

Para compreender as potencialidades educativas deste exercício de tomada de decisão é necessário analisar o raciocínio dos alunos durante a tomada de decisão, uma vez que a resolução de controvérsias sociocientíficas pressupõe o uso de processos de raciocínio informal e não apenas o raciocínio formal (Sadler & Zeidler, 2005). Neste exercício pretendia-se que os alunos fossem capazes de mobilizar o que aprenderam na fase de pré-decisão integrando nas suas decisões aspetos científicos, sociais, morais, éticos, económicos, entre outros (Nielson, 2012; Nielsen, 2013; Owens, Sadler & Zeidler, 2017), inerentes à controvérsia em estudo. Assim, esta questão de investigação tem como objetivo compreender se os alunos foram capazes de integrar as várias dimensões do problema na sua decisão. Para compreender que dimensões integram os alunos durante a tomada de decisão os grupos foram agrupados tendo em conta a natureza da sua decisão (Figura 52): (1) Grupos que decidiram deslocar a população para uma região fora da caldeira; (2) Grupos que decidiram manter a população nas mesmas localidades dentro da caldeira e (3) Grupo que decidiu criar um refúgio para ser utilizado após uma erupção vulcânica, dentro da caldeira, mas numa zona de menor perigosidade vulcânica.



**Figura 52.** Decisões dos grupos de alunos e agrupamento das mesmas de acordo com a sua natureza. Os grupos que decidiram manter a população dentro da caldeira estão identificados com o ícone verde. Os grupos que decidiram deslocar a população para uma região fora da caldeira estão identificados com o ícone amarelo. O grupo que decidiu criar um refúgio dentro da caldeira, numa zona de menor perigosidade, está identificado com o ícone rosa.

### 5.1. Identificação das dimensões (científica, social e/ou emotiva) que os alunos integram durante a tomada de decisão

Os argumentos pensados pelos grupos de alunos foram classificados como pertencentes à **dimensão científica** (texto a negrito), dimensão social (texto sublinhado) e/ou *dimensão emotiva* (texto em itálico), sendo que um argumento pode compreender mais do que uma dimensão (adaptado de Sadler & Zeidler, 2005).

Exemplo de um argumento que integra a dimensão científica:

- **Os gases e as poeiras libertados durante uma erupção vulcânica podem causar problemas respiratórios e oculares. No entanto, estes já não vão afetar tanto as pessoas, visto que a população já não se irá encontrar tão próxima do vulcão.** (Grupo 7)

Exemplo de um argumento que integra a dimensão social:

- Visto que os habitantes não querem ser realojados, não seria ético obriga-las a arranjar uma nova casa e uma nova vida. (Grupo 2)

Exemplo de um argumento que integra a dimensão científica e social:

- **Cabeça Fundão apresenta um microclima semelhante ao de Chã das Caldeiras, o que permite a prática da agricultura e da pecuária, que são muito importantes para os habitantes da caldeira por serem uma fonte de rendimento e sustento. Assim, poderiam possuir terrenos, para além das terras no seu local de origem, que não fossem destruídos pelas escoadas de lava durante as erupções do vulcão do Pico do Fogo. Quando houvesse uma erupção, continuariam com algum sustento.** (Grupo 1)

Exemplo de um argumento que integra a dimensão social e emotiva:

- *As populações de Chã das Caldeiras seriam deslocadas para Cabeça Fundão, já que esta se encontra a 3 km, aproximadamente, da entrada de Chã das Caldeiras, permitindo assim manter a proximidade dos habitantes e a sua relação afetiva e emocional com o local de origem e com o estratovulcão.* (Grupo 1)

Exemplo de um argumento que integra a dimensão científica, social e emotiva:

- Acesso a infraestruturas/serviços básicos não disponíveis em Chã das Caldeiras, uma vez que as correntes de lava arrasaram a quase totalidade dos núcleos de Portela e Bangaeira, sepultando ou afetando gravemente os edifícios, infraestruturas e plantações agrícolas que se encontravam na trajetória das sucessivas escoadas de lavas. (Grupo 5)

No Quadro 10 encontram-se identificadas as dimensões (científica, social e/ou emotiva) integradas nos argumentos dos grupos que decidiram deslocar a população para uma região fora da caldeira.

**Quadro 10.** Classificação dos argumentos dos grupos que decidiram deslocar a população para fora da caldeira.

<b>Grupos que decidiram deslocar a população para uma região fora da caldeira</b>									
Dimensão Grupos	C	S	E	C + S	C + E	S + E	C + S + E	Inconclusivo	Total
Grupo 1	1	3	0	2	0	1	1	0	8
Grupo 5	2	1	0	1	0	0	1	0	5
Grupo 6	1	3	0	0	0	0	1	0	5
Grupo 7	3	2	0	1	0	0	0	0	6

No Quadro 11 encontram-se identificadas as dimensões (científica, social e/ou emotiva) integradas nos argumentos dos grupos que decidiram manter a população nas mesmas localidades dentro da caldeira.

**Quadro 11.** Classificação dos argumentos dos grupos que decidiram manter a população nas mesmas localidades.

<b>Grupos que decidiram manter a população nas mesmas localidades dentro da caldeira</b>									
Dimensão Grupos	C	S	E	C + S	C + E	S + E	C + S + E	Inconclusivo	Total
Grupo 2	1	3	0	1	0	0	0	0	5
Grupo 3	1	3	1	1	0	0	0	0	6
Grupo 4	2	2	0	0	0	1	0	0	5

No Quadro 12 encontram-se identificadas as dimensões (científica, social e/ou emotiva) integradas nos argumentos do grupo que decidiu criar um refúgio para ser utilizado após uma erupção vulcânica, dentro da caldeira, mas numa zona de menor perigosidade. Esta proposta contém erros científicos pois a localização não corresponde a uma zona de baixa perigosidade vulcânica, no entanto, após o *feedback* o grupo corrigiu o trabalho.

**Quadro 12.** Classificação dos argumentos do grupo que decidiu criar um refúgio numa zona de menor perigosidade

<b>Grupo que decidiu criar um refúgio para ser utilizado após uma erupção vulcânica, dentro da caldeira, mas numa zona de menor perigosidade vulcânica.</b>									
Dimensão Grupos	C	S	E	C + S	C + E	S + E	C + S + E	Inconclusivo	Total
Grupo 8	1	0	0	0	0	1	0	2	4

Nos quadros 10 – 12 a letra “C” corresponde à dimensão científica, a letra “S” corresponde à dimensão social e a letra “E” corresponde à dimensão emotiva. Um argumento pode compreender mais do que uma dimensão, por exemplo, “C + S” corresponde a um argumento que compreende a dimensão científica e social.

A tomada de decisão depende dos conhecimentos prévios dos indivíduos, dos seus valores e das suas emoções, sendo que este processo, implícita ou explicitamente, acaba por ser uma seleção das informações mais importantes para o indivíduo (Yang & Anderson, 2003). Num exercício de tomada de decisão os argumentos dos alunos não se devem basear apenas na mobilização de evidências científicas, mas sim na integração das diferentes perspetivas incluindo argumentos científicos, sociais, morais, éticos, económicos, entre outros (Nielson, 2012; Nielsen, 2013; Owens, Sadler & Zeidler, 2017). Além disso, a dimensão emotiva desempenha um papel importante nos processos de tomada de decisão, sendo fundamental para a tomada de decisão eficiente, segundo estudos da neurociência (Yang & Anderson, 2003; Serrado, 2020).

Os resultados do grupo que decidiu criar um refúgio para ser utilizado após uma erupção vulcânica, dentro da caldeira, mas numa zona de menor perigosidade vulcânica, são insuficientes para fazer uma análise coerente (Quadro 12). No entanto, a partir da análise dos outros grupos é possível fazer inferências sobre o raciocínio que estes alunos realizaram durante a fase de tomada de decisão e verificar se foram capazes de analisar as diferentes perspetivas da controvérsia em estudo.

Todos os grupos foram capazes de integrar diferentes dimensões nos seus argumentos. No entanto, existem diferenças entre os grupos, por exemplo, os grupos que decidiram deslocar a população para regiões fora da caldeira foram capazes de construir mais argumentos com duas ou três dimensões. Esta diferença pode ser resultado de diferenças ao nível dos conhecimentos prévios, dos valores, das emoções e da seleção das informações mais relevantes (Yang & Anderson, 2003).

Apesar das decisões e dos argumentos dos grupos serem diferentes, todos os grupos recorreram à dimensão social, onde estão incluídos os problemas éticos, morais e económicos, entre outros, para suportar a sua decisão. Cientificamente a ocupação antrópica da região de Chã das Caldeiras não é viável devido aos elevados perigos vulcânicos. No entanto, no contexto de tomada de decisão, numa controvérsia sociocientífica, não é suposto que os alunos recorram apenas aos seus conhecimentos científicos, mas sim que analisem as várias dimensões do problema. Neste sentido, a mobilização de argumentos correspondentes à dimensão social é um resultado importante, visto que *“as evidências científicas não devem ser a maior preocupação na tomada de decisão em controvérsias sociocientíficas”*, pois existem diversas perspetivas que os alunos devem considerar, como explorado por Nielsen (2013).

Os grupos também recorreram com frequência à dimensão científica para construir os seus argumentos, como dimensão única ou em conjunto com outras dimensões, sendo que a partir da análise de conteúdo dos trabalhos verifica-se que os grupos foram capazes de aplicar os conhecimentos científicos, apesar de existirem diferenças de desempenho. Por exemplo, os grupos que decidiram deslocar a população para regiões fora da caldeira foram capazes de mobilizar, de forma mais aprofundada, os seus conhecimentos científicos, comparativamente com os grupos que decidiram manter a população em Chã das Caldeiras, possivelmente por ser mais fácil justificar cientificamente a deslocação da população para fora da caldeira do que a sua manutenção. Wu e Tsai (2007) verificou que, por vezes, os alunos têm dificuldade em aplicar os conhecimentos científicos na tomada de decisão, no entanto, apesar das diferenças registadas, todos os grupos foram capazes de integrar esta dimensão nas suas decisões.

Nielsen (2012) investigou como os alunos mobilizam factos científicos e valores durante a discussão de controvérsias sociocientíficas. Verificou também que, por vezes, os alunos utilizam adjetivos emotivos para apelarem às emoções e reforçarem os seus argumentos, durante a discussão. No entanto, a dimensão emotiva não foi identificada com frequência, durante a análise dos argumentos escritos pelos alunos (atividade 4), apesar de durante a discussão da controvérsia sociocientífica (atividade 6) a dimensão emotiva ter sido mais explorada. Assim, uma possível justificação para este resultado pode ser o facto de o trabalho de construção dos argumentos ter sido escrito. Por sua vez, segundo Serrano (2020) e atendendo aos estudos do neurocientista António Damásio, não é possível tomar uma decisão sem que os indivíduos recorram às emoções, pelo que esta dimensão esteve implícita ou explicitamente, inerente ao processo de tomada de decisão.

Neste estudo os alunos conseguiram analisar as diferentes perspetivas da controvérsia para a tomada de decisão, tal como aconteceu nos estudos de Wu e Tsai (2007) e de Yang e Anderson (2003). Este resultado é importante porque, por vezes, os alunos não conseguem compreender as diferentes dimensões destes exercícios devido à natureza da controvérsia sociocientífica em estudo (Fang, Hsu & Lin, 2019).

À exceção do grupo 8 cuja análise não pode ser realizada por falta de dados, todos os outros grupos foram capazes de integrar as várias dimensões do problema na sua tomada de decisão, sendo a análise das dimensões e dos seus argumentos reflexo disso. Neste sentido é possível inferir que este exercício de tomada de decisão promove

o uso do raciocínio formal, mas especialmente o raciocínio informal sendo este resultado um indicador do seu potencial educativo.

A classificação dos argumentos dos alunos de acordo com a dimensão científica, social e/ou emotiva encontra-se presente no Anexo L.

## **6. Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante este exercício de tomada de decisão?**

### **6.1. Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante a fase de pré-decisão?**

De acordo com as respostas dos alunos ao questionário final (Apêndice X) os alunos gostaram das atividades realizadas na fase de pré-decisão. A maioria dos alunos fez uma apreciação geral das atividades da fase de pré-decisão referindo como aspetos positivos o facto das atividades permitirem adquirir conhecimentos, por exemplo, *“Estas atividades foram muito positivas porque não só me fez conhecer bastante sobre o local, como fez me entender melhor sobre vulcanismo.”* e realçaram que as mesmas eram dinâmicas e criativas, *“Fiquei a conhecer melhor a Ilha e foi uma forma mais interativa de aprender sobre o vulcanismo”*.

Alguns alunos distinguiram os aspetos positivos da atividade 1 – Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* – referindo que era interessante pois *“Achei a ideia da atividade da exploração virtual muito criativa e interessante, diferente da maioria dos nossos trabalhos”* e que permitiu adquirir conhecimentos, como explícito em *“Com a exploração no Google Earth pode-se descobrir várias localidades que não se conheciam antes”*.

Outros alunos focaram-se nos aspetos positivos da atividade 3 – Síntese do Especialista – indicando que era interessante pois *“com a síntese do especialista adquire-se novos conhecimentos bastante interessantes.”* e que permitiu a aquisição de conhecimentos *“Também através da síntese do especialista ficou-se a conhecer melhor a Ilha do Fogo e, especialmente, a região de Chã das Caldeiras e o que as erupções mais recentes provocaram nessa região. Para além disso, com o tópico de pesquisa livre na síntese do especialista compreenderam-se melhor as razões que levam os habitantes a permanecer na região e como diminuir os problemas causadas pelas erupções.”* e o desenvolvimento de capacidade de síntese porque *“A atividade da síntese foi ótima para treinar a nossa capacidade de sintetizar informação de*

várias fontes, em um único texto.”. Além disso, alguns alunos indicaram como aspeto positivos o facto de trabalharem em grupo, por exemplo, “trabalhar em grupo desencadeia pensamentos variados ao ouvir a opinião do outro em relação ao problema complexo que procurámos resolver.” (Quadro 13).

**Quadro 13.** Aspetos positivos das atividades realizadas na fase de pré-decisão

<b>Questão:</b> Que aspetos positivos destacas destas duas atividades (Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no <i>Google Earth</i> e a Síntese do especialista)?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	<i>n</i>
Apreciação geral das atividades da fase de pré-decisão	Construção de conhecimentos	- “Estas atividades foram muito positivas porque não só me fez conhecer bastante sobre o local, como fez me entender melhor sobre vulcanismo.” - “Permitiu-me ter mais conhecimento da matéria em si, permitiu-me explorar uma ilha e um vulcão que não tinha conhecimento.”	14
	Dinâmica da atividade	- “Na minha opinião estas atividades foram uma maneira muito pedagógica e criativa de aprender e explorar mais sobre a Ilha do Fogo.”	4
Atividade <i>Google Earth</i>	Interesse	- “Pessoalmente, nunca tinha usado o <i>Google Earth</i> (e certamente que muitos dos meus colegas também não) e achei uma plataforma muito interessante para pudermos adquirir diversas informações sobre o planeta em que vivemos e os fenómenos que nele acontecem.”	2
	Construção de conhecimentos	- “Na minha opinião, a utilização do <i>Google Earth</i> foi uma excelente ideia, pois dessa forma os alunos podem explorar Chã das Caldeiras por si mesmos e tirar as suas próprias conclusões sobre os acontecimentos passados desse local a partir de fotos.”	3
Atividade Síntese do Especialista	Interesse	- “Em relação à síntese do especialista achei muito interessante cada um ter pesquisado e estudado sobre o tema que lhe foi dado e no final juntarmos as nossas informações e adquirimos mais conhecimentos sobre o tema.”	2
	Construção de conhecimentos	- “Também através da síntese do especialista ficou-se a conhecer melhor a Ilha do Fogo e, especialmente, a região de Chã das Caldeiras e o que as erupções mais recentes provocaram nessa região. Para além disso, com o tópico de pesquisa livre na síntese do especialista compreenderam-se melhor as razões que levam os habitantes a permanecer na região e como diminuir os problemas causadas pelas erupções.”	1
	Capacidades	- “A atividade da síntese foi ótima para treinar a nossa capacidade de sintetizar informação de várias fontes, em um único texto.”	1
Outros	Trabalho em grupo	- “trabalhar em grupo desencadeia pensamentos variados ao ouvir a opinião do outro em relação ao problema complexo que procurámos resolver.”	2

Quanto aos aspetos negativos e às dificuldades sentidas, um aluno indicou que na fase de pré-decisão se apercebeu da complexidade da tomada da decisão, visto que

*“Qualque hipótese que poderia pensar havia sempre algum ponto que falhava”* (Quadro 14).

Alguns alunos referem que sentiram dificuldades em utilizar o *Google Earth* porque *“não o sabíamos usar muito bem”*, ou tiveram dificuldade em construir o próprio álbum de fotografias *“Tive um pouco de dificuldade de tirar as fotos, cortá-las e depois organizá-las”*. Além disso, alguns alunos indicaram como aspeto negativo que *“Chã das Caldeiras não tem muita coisa para explorar”* e que, por vezes, *“o Google Earth as vezes não funcionava o que atrasava o trabalho.”*

Na atividade de síntese do especialista alguns alunos indicaram que sentiram dificuldade em *“encontrar a informação necessária para colocar na síntese, ou seja, foi complicado resumir tanto, por mim escrevia imensas coisas”* e ao mesmo tempo *“escrever uma síntese coerente”*, sendo que um aluno indicou que o limite de palavras foi um aspeto negativo desta atividade. Além disso, nesta atividade alguns alunos tiveram dificuldade em responder às questões orientadoras, *“tive dificuldade em achar respostas a alguns tópicos”* e um aluno refere que teve dificuldade em compreender alguns conceitos *“tive dificuldade em perceber alguns conceitos científicos”*.

Quanto à dinâmica das duas atividades alguns alunos referem como aspeto negativo a falta de *“a cooperação de todos os participantes do grupo”* e o facto de ter sido a professora a escolher os grupos *“Também não gostei que fosse a professora a escolher os grupos. Se tivéssemos liberdade para escolher colegas em que confiamos seria muito melhor”*. Além disso, um aluno referiu que o contexto de ensino a distância prejudicava a comunicação com o grupo *“a distância foi um obstáculo para comunicar com o grupo de forma mais adequada”*.

Quanto à planificação da fase de pré-decisão alguns alunos indicaram como aspeto negativo o facto de *“Trata-se de uma atividade que implica tempo e dedicação e, no entanto, foi-nos dado pouco tempo para a realizar”*.

**Quadro 14.** Aspetos negativos e as dificuldades sentidas nas atividades realizada na fase de decisão

<b>Questão:</b> Que aspetos negativos e dificuldades destacas destas duas atividades (Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no <i>Google Earth</i> e a Síntese do especialista)?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	n
Concretização das atividades	Complexidade da tomada de decisão	- “Qualquer hipótese que poderia pensar havia sempre algum ponto que falhava, sendo difícil manter os valores socioculturais e a segurança da população, simultaneamente, na mesma hipótese”	1



	Utilização do <i>Google Earth</i>	- “Na minha opinião, no início foi um pouco difícil usarmos o <i>Google Earth</i> porque não o sabíamos usar muito bem” - “Tive um pouco de dificuldade de tirar as fotos, cortá-las e depois organizá-las para a atividade da exploração virtual”	6
	Capacidade de síntese	- “A maior dificuldade foi encontrar a informação necessária para colocar na síntese, ou seja, foi complicado resumir tanto, por mim escrevia imensas coisas.”	4
	Recolha de informação	- “[...] em relação à síntese do especialista tive um pouco de dificuldade na pergunta que tínhamos de desenvolver sobre como minimizar os problemas para além das formas que estavam no documento dado pela professora.”	3
	Compreensão dos conceitos	- “Por vezes, ao ler os documentos fornecidos que nos auxiliaram neste trabalho, tive dificuldade em perceber alguns conceitos científicos.”	1
Dinâmica das atividades	Trabalho em grupo	- “Para ser sincero acho que não existem dificuldades perante a realização destes trabalhos, exceto a cooperação de todos os participantes do grupo.” - “Também não gostei que fosse a professora a escolher os grupos. Se tivéssemos liberdade para escolher colegas em que confiamos seria muito melhor.”	3
	Ensino a distância	- “Devido às circunstâncias a que estamos sujeitos, a distância foi um obstáculo para comunicar com o grupo de forma mais adequada.”	1
Planificação	Tempo	- “Acho que os prazos foram um bocado apertados.”	3
Outros		- “Foi complicado arranjar argumentos q suportassem a minha decisão”	1

Em suma, os alunos gostaram das atividades realizadas na fase de pré-decisão e tiveram um bom desempenho. No entanto, de acordo com as suas opiniões as atividades podem ser melhoradas. Apesar de ter exemplificado como utilizar o *Google Earth* e de ter disponibilizado no *site* da intervenção um guião de como utilizar a aplicação, alguns alunos tiveram dificuldades em utilizar o *Google Earth*. Assim, se repetisse esta atividade no contexto de ensino remoto reforçava as explicações nas sessões síncronas seguintes. Por sua vez, se o ensino fosse presencial seria provavelmente mais fácil auxiliar os alunos durante a aula, apesar da explicação inicial e do guião do aluno continuarem a ser fundamentais. Além disso, um aluno referiu que a região não tinha muitas zonas para explorar. Como inicialmente pensado o potencial da atividade de exploração da Ilha do Fogo no *Google Earth* pode ser aumentado, especialmente se a atividade for realizada presencialmente, onde com a orientação da professora os alunos podem realizar uma exploração mais ativa, por exemplo, através do estudo de perfis de, explorar a aplicação recorrendo a ficheiros *.kml* ou serem os

próprios alunos a produzir os ficheiros *.kml*. Este tipo de abordagem provavelmente aumentaria o potencial educativo da atividade visto que segundo Doering e Veletsianos, (2007) é necessário que os alunos se apropriem destas ferramentas e sejam utilizadores ativos. No entanto, no contexto de ensino remoto as estratégias anteriormente referidas seriam muito difíceis de implementar, especialmente porque a maioria dos alunos nunca tinha trabalhado com a aplicação de forma ativa e porque implicava a instalação do *Google Earth Pro*.

Alguns alunos referiram que tiveram dificuldade na síntese do especialista durante a recolha e síntese de informação e na compreensão de alguns conceitos. Para atenuar estas dificuldades seria importante realizar com frequência atividades de pesquisa ao longo do ano. Além disso, a reunião dos especialistas devia ter sido realizada mais tarde para permitir que os alunos tivessem mais tempo para investigarem o seu tema e para conseguirem discutir melhor as dúvidas com os outros especialistas. Por sua vez, se o exercício de tomada de decisão fosse concretizado presencialmente, a investigação dos especialistas deveria ser realizada no grupo de especialistas, seguindo os pressupostos da aprendizagem cooperativa. Desta forma, algumas das dificuldades referidas pelos alunos poderiam ser atenuadas, porque seria mais fácil a aprendizagem através da interação social de acordo com a teoria de Vygotsky (Moreira, 1999; Mortimer & Scott, 2003) e porque os grupos de especialistas foram também criados tendo em conta a ZDP dos alunos.

O trabalho em grupo foi outro aspeto negativo identificado por alguns alunos. Um aluno referiu que deviam ter sido os alunos a escolher os grupos. Porém, segundo Reis (2011), a organização dos grupos deve ser feita pelo professor tendo em conta os desempenhos cognitivos e socio-afetivos dos alunos de forma a promover a constituição de grupos heterogéneos. No entanto, um aspeto a melhorar seria a constituição dos grupos pois pelo menos um grupo não teve um desempenho eficaz durante as atividades.

Três alunos referiram que o tempo disponível para a concretização das atividades da fase de pré-decisão foi insuficiente, no entanto toda a planificação foi modificada, os prazos destas duas atividades foram alargados e acordados com os alunos de acordo com os trabalhos às outras disciplinas. Penso que nesta fase os alunos tiveram o tempo necessário para a concretização das atividades.

## 6.2. Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante a fase de decisão?

Segundo as respostas ao questionário final os alunos gostaram da atividade de tomada de decisão especialmente por ter sido realizada em grupo pois *“A tomada de decisão em grupo dá-nos a oportunidade de ouvir diferentes pontos de vista o que facilita a nossa aprendizagem e comunicação com os outros.”* e também porque *“Na atividade de tomada de decisão podemos discutir diferentes opiniões até chegarmos a um consenso.”*. Um aluno reforçou também que *“Ainda conseguimos adquirir conhecimento sobre o vulcanismo e a Ilha do Fogo através dos argumentos.”*. e alguns alunos indicaram que esta atividade permitiu o desenvolvimento de capacidades como a de tomada de decisão *“O facto de termos de organizar os argumentos por prioridade reforçou a minha capacidade de escolha.”*, de argumentação *“A atividade de tomada de decisão permitiu desenvolver algumas capacidades, como o espírito crítico, a argumentação para suportar a nossa decisão”* e de reflexão *“Aprendi a ouvir mais a opinião dos outros colegas”*.

Alguns alunos destacaram como aspeto positivo o trabalho em grupo pois conseguiram organizar-se *“organizámos muito bem e que conseguimos trabalhar muito bem juntos.”*, aprender através das sínteses dos especialistas *“Para além de termos aprendido sobre o nosso tema, conseguimos adquirir mais alguma informação sobre os temas dos restantes colegas de grupo e também trabalhar em equipa.”*, sendo que *“todos contribuíram e assim foi mais fácil a tomada de decisão”*. Um aluno reforçou que esta atividade é *“mais interactiva e interessante do que fazer testes ou fichas”* (Quadro 15).

**Quadro 15.** Aspetos positivos da atividade realizada na fase de decisão

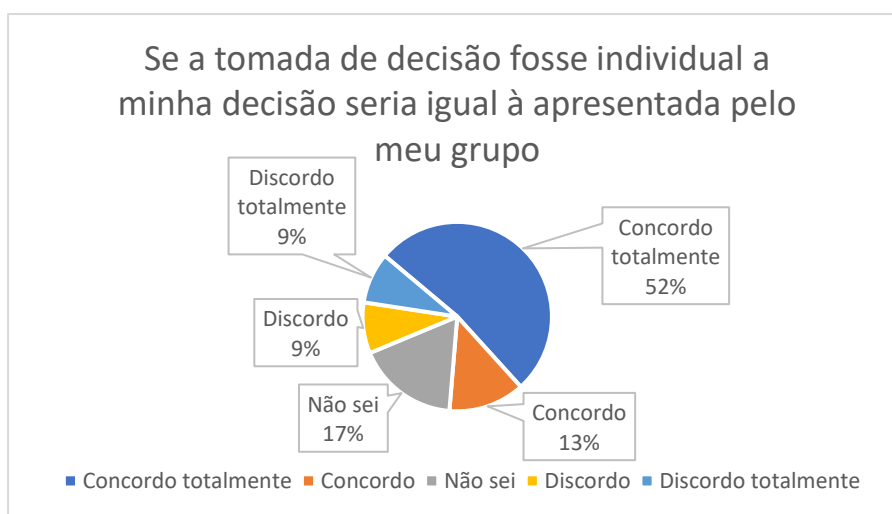
Questão: Que aspetos positivos destacas da atividade de tomada de decisão em grupo?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	n
Concretização da atividade	Tomada de decisão em grupo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “A tomada de decisão em grupo dá-nos a oportunidade de ouvir diferentes pontos de vista o que facilita a nossa aprendizagem e comunicação com os outros.”</li> <li>- “O grupo funcionou muito bem e respeitaram-se as opiniões diferentes uns dos outros, conseguindo-se chegar a uma que todos apoiassem.”</li> <li>- “A ideia de discutir e chegar a acordo sobre uma decisão, em grupo, é algo muito importante de se saber fazer.”</li> </ul>	11

	Aquisição de conhecimentos	- “Ainda conseguimos adquirir conhecimento sobre o vulcanismo e a Ilha do Fogo através dos argumentos.”	1
	Desenvolvimento de capacidades	- “A atividade de tomada de decisão permitiu desenvolver algumas capacidades, como o espírito crítico, a argumentação para suportar a nossa decisão, a perceção das consequências, mas também nos deu responsabilidade de resolver um problema para o bem dos outros. Ainda conseguimos adquirir conhecimento sobre o vulcanismo e a Ilha do Fogo através dos argumentos.”	5
Dinâmica da atividade	Trabalho em grupo	- “Para além de termos aprendido sobre o nosso tema, conseguimos adquirir mais alguma informação sobre os temas dos restantes colegas de grupo e também trabalhar em equipa.”	5
	Interesse	- “É mais interativo e interessante do que fazer testes ou fichas”	1
Outros		- “A comunicação” - “A participação” - “As diferentes opiniões originaram vários pontos de vista diferentes, que foi agradável de ver cada grupo com a sua própria decisão e com os seus próprios motivos.” - “Foi bom entender mais sobre a população de Chã das Caldeiras e defender os meus argumentos na discussão”	4

Em suma, os alunos gostaram das atividades na fase de decisão e tiveram um bom desempenho. No entanto, segundo a opinião dos alunos existem aspetos que podem ser melhorados (Quadro 16). Alguns alunos referiram que a tomada de decisão foi uma tarefa difícil porque perceberam que *“A maior dificuldade foi o facto de esta controvérsia ser bastante complexa e, assim, ser mais difícil arranjar uma solução que desse o melhor destino à população e que o governo de Cabo Verde conseguisse suportar”* e *“O facto de termos de ter em conta vários fatores, todos eles importantes para a nossa tomada de decisão”*, sendo que *“Não existem opções incorretas”*. Para ajudar os alunos a ultrapassar esta dificuldade é necessário desenvolver mais atividades desta natureza na sala de aula. Outros alunos referiram que acharam difícil estruturar os argumentos indicando que *“A estruturação dos argumentos, foi mais difícil de fazer.”*. Este resultado já era esperado porque a controvérsia sociocientífica é complexa e pressupõe que os alunos analisem informações de várias dimensões. No entanto, para ajudar os alunos a ultrapassar esta dificuldade é importante promover o desenvolvimento da capacidade de argumentação ao longo do ano, como por exemplo, através de atividades de discussão de controvérsias sociocientíficas pois segundo

Hilário e Reis (2009) estas atividades promovem o desenvolvimento de capacidades de comunicação, de reflexão e de argumentação.

Alguns alunos referiram que foi difícil tomar a decisão em grupo porque “*Se dois elementos do mesmo grupo tiverem opiniões diferentes, então poderá ser difícil haver cooperação entre essas duas pessoas*”, sendo este um dos grandes desafios desta atividade. No entanto, segundo o gráfico da Figura 53, a maioria dos alunos indica que se a decisão fosse individual a sua decisão seria igual à apresentada pelo grupo pelo que se pode inferir que esta dificuldade foi ultrapassada pela maioria dos grupos.



**Figura 53.** Tomada de decisão em grupo (n=23).

Três alunos indicaram como aspeto negativo e dificuldade o facto de terem de realizar o trabalho em grupo devido à “*falta de cooperação*” de “*Organização do grupo*” e à dificuldade de “*comunicar com os meus colegas de grupo*”. Este problema foi identificado pelos alunos nas três fases do exercício de tomada de decisão e apesar de provavelmente o ensino a distância ter agravado estes problemas, se voltasse a fazer esta tarefa, reformulava os grupos.

Quanto à planificação um aluno referiu como aspeto negativo “*os grupos escolhidos pela professora*”. Por sua vez, outros alunos indicaram como aspeto negativo o facto de a atividade ser exigente e ter sido disponibilizado pouco tempo para a realizar “*é um trabalho que requer muito de nós, não só tempo como atenção*” e “*Muito pouco tempo dado para uma atividade que implica discussão com o grupo e troca de ideias*”. Após reflexão concordo que o tempo disponibilizado para a concretização desta atividade deveria ter sido superior, principalmente porque

envolvia a discussão e a reflexão em grupo, que através dos meios digitais se torna menos eficaz.

**Quadro 16.** Aspectos negativos e as dificuldades sentida na atividade realizada na fase de decisão.

<b>Questão:</b> Que aspetos negativos e dificuldades destacas da atividade de tomada de decisão em grupo?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	<i>n</i>
Concretização da atividade	Complexidade da tomada de decisão	- “Não existem opções incorretas.” - “A maior dificuldade foi o facto de esta controvérsia ser bastante complexa e, assim, ser mais difícil arranjar uma solução que desse o melhor destino à população e que o governo de Cabo Verde conseguisse suportar.” - “O facto de termos de ter em conta vários fatores, todos eles importantes para a nossa tomada de decisão.”	5
	Estruturação dos argumentos	- “As vezes os argumentos eram muito repetitivos” - “Tive um pouco de dificuldade em construir argumentos válidos e bem estruturados.”	3
	Tomada de decisão em grupo	- “Por vezes os pensamentos das pessoas divergem e é preciso chegar a um consenso, mesmo que seja difícil.”	4
Dinâmica da atividade	Trabalho em grupo	- “A falta de cooperação perante todos os colegas de grupo.”	3
Planificação	Exigência	- “é um trabalho que requer muito de nós, não so tempo como atenção.”	1
	Tempo	- “Muito pouco tempo dado para uma atividade que implica discussão com o grupo e troca de ideias.”	2
	Grupos de trabalho	- “[...] os grupos escolhidos pela professora”	1

No entanto, o entusiasmo e empenho demonstrado pelos alunos ao longo de todo o exercício de tomada de decisão foi importante para colmatar esta falha na planificação, sendo o desempenho dos alunos nesta atividade e especialmente as suas surpreendentes decisões reflexo disso.

### **6.3.Qual a opinião e as dificuldades sentidas pelos alunos durante a fase de pós-decisão?**

De acordo com as respostas dos alunos ao questionário final (Apêndice X) os alunos gostaram das atividades realizadas na fase de pós-decisão. Alguns alunos fizeram uma apreciação geral das atividades realizadas nesta fase referindo como aspetos positivos o facto das atividades serem dinâmicas *“foi divertido fazer este trabalho e ao mesmo tempo adquirir conhecimento”*, permitirem melhorar as capacidades de comunicação *“Com a discussão e o podcast, foi possível desenvolver*

várias capacidades, como a comunicação com os outros” e de argumentação “Com a discussão e o podcast, foi possível desenvolver várias capacidades, como a [...] argumentação para suportar a decisão, etc.”.

Quanto à atividade 5 – *Podcasts* – alguns alunos gostaram da dinâmica da atividade “Foi engraçado e interessante, porque nunca tinha feito um podcast.”, o que foi importante para consolidarem o que tinham aprendido “o podcast foi como uma espécie de síntese, onde o meu grupo resumiu a informação mais relevante de forma a “cimentar” tudo o que aprendemos.” incluindo “uma melhor compreensão da dimensão do problema e da informação que se foi adquirindo.”.

Para a atividade 6 – *Discussão da controvérsia sociocientífica* – vários alunos destacaram como aspeto positivo o facto da atividade potenciar a reflexão, através da discussão e da troca de opiniões, sobre a controvérsia em estudo “A discussão permitiu-nos entender outros pontos de vista, que não somente o meu e do meu grupo, possibilitando-nos assim perceber se a decisão tomada era a melhor ou não e entender o que fazer para tomar a melhor decisão possível.” e “A discussão permitiu ver os pontos de vista e os argumentos dos outros grupos, o que cria momentos de autorreflexão sobre a decisão”. Este aspeto positivo destacado pelos alunos é muito curioso e era um dos objetivos da atividade 6, especialmente por se enquadrar na fase 3 *Reflexão sobre o processo de decisão e a decisão* da estrutura de Fang, Hsu e Lin, (2019). Além disso, um aluno reforçou que melhorou “as minhas capacidades de argumentação” (Quadro 17).

**Quadro 17.** Aspetos positivos das atividades realizadas na fase de pós-decisão

Questão: Que aspetos positivos destacas destas duas atividades (discussão e podcast)?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	n
Apreciação geral das atividades da fase de pós-decisão	Dinâmica das atividades	- “foi divertido fazer este trabalho e ao mesmo tempo adquirir conhecimento” - “Foi uma experiência diferente e desafiadora e ajudou nos a tentar expressar de uma melhor maneira o que pensávamos”	2
	Capacidade de comunicação	- “Com a discussão e o <i>podcast</i> , foi possível desenvolver várias capacidades, como a comunicação com os outros [...]” - “[...] melhorar a nossa exposição a estes meios de comunicação.”	3
	Capacidade de argumentação	- “Com a discussão e o podcast, foi possível desenvolver várias capacidades, como a [...] argumentação para suportar a decisão, etc.”	3
	Outros	- “A participação” - “Aprendia a matéria”	3

Atividade Podcasts	Dinâmica da atividade	- “O podcast foi o que eu mais gostei, estava a sentir-me uma jornalista. Acho que foi uma atividade super original, apesar de no início ter achado que seria complicado, mas no final das contas foi divertido.” - “[...] foi divertido realizar o <i>podcast</i> que foi uma atividade mais tranquila e divertida.”	5
	Consolidação das aprendizagens	- “O podcast possibilitou a síntese de todo o trabalho realizado ao longo deste exercício e, assim, uma melhor compreensão da dimensão do problema e da informação que se foi adquirindo.”	4
Atividade Discussão da controvérsia sociocientífica	Reflexão	- “Em relação à discussão, gostei muito porque a nossa turma é muito interativa e apesar de termos todos opiniões diferentes, sabemo-nos respeitar uns aos outros e aprender com isso” - “A discussão permitiu ver os pontos de vista e os argumentos dos outros grupos, o que cria momentos de autorreflexão sobre a decisão”	11
	Capacidades de argumentação	- “Na discussão, consegui melhorar as minhas capacidades de argumentação [...]”	1
	Aspetos negativos	- “[...] da discussão não gostei muito foi muito prolongada.”	1

De acordo com os aspetos negativos e as dificuldades sentidas pelos alunos nas duas atividades é possível melhorar as estratégias (Quadro 18).

Na atividade 6 - Discussão da controvérsia sociocientífica - dois alunos referiram que foi difícil aceitar a opinião dos colegas *“Na discussão em grupo o mais difícil é aceitar as diferentes opiniões”* e *“A falta de compreensão e empatia pela opinião e ponto de vista do outro”*. Além disso, um aluno disse que não gostou da atividade de discussão e dois reforçaram que demorou mais do que o esperado *“A discussão foi muito demorada e não gostei desta atividade”*, sendo que um aluno referiu que os colegas *“algumas vezes falarem ao mesmo tempo.”*. Três alunos indicam que durante a discussão foi difícil argumentar *“Discussão foi difícil por vezes contra-argumentar os meus colegas”*, sendo que dois alunos referem como aspeto negativo o facto de, por vezes, a *“argumentação repetitiva durante a discussão.”* e que *“o argumento da conexão emocional com o local foi sobrevalorizado”*.

Na atividade 5 – Podcasts – dois alunos indicaram que foi difícil sintetizar a informação *“foi um pouco complicado diminuir tanta informação que nós achávamos importante”* e atribuir as falas *“Distribuir as informações sobre o vulcão e a ilha para os diferentes locutores”*. Por sua vez, alguns alunos destacaram que foi difícil gravar o podcast, por exemplo, *“Demorei um pouco de tempo a gravar a minha parte do*



*podcast pois enganava-me muitas vezes.*”. O trabalho em grupo também foi um aspeto negativo identificado pelos alunos, nomeadamente porque *“no podcast, o facto de 2 sínteses não terem sido feitas por mim, dificultou entender uma parte das síntese”* e devido à *“falta de colaboração dos colegas”*.

Quanto à planificação das atividades realizadas na fase pós-decisão dois alunos referiram que eram atividades exigentes *“senti dificuldade em corresponder ao que a professora desejava”* e três alunos indicaram que o tempo disponível foi insuficiente para a concretização das atividades porque *“Ambas as atividades são demasiado trabalhosas para tão pouco tempo”*.

**Quadro 18.** Aspetos negativos e as dificuldades sentidas nas atividades realizadas na fase de pós-decisão.

<b>Questão:</b> Que aspetos negativos e dificuldades destacas destas duas atividades (discussão e podcast)?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	<i>n</i>
Concretização das atividades	Compreensão das diferentes perspetivas	- “Na discussão em grupo o mais difícil é aceitar as diferentes opiniões”	2
	Gestão da discussão	- “A discussão demorou mais do que o tempo previsto, apesar de ter sido bastante interessante.”	3
	Argumentação durante a discussão	- “Muita argumentação repetitiva durante a discussão.” - “Discussão foi difícil por vezes contra-argumentar os meus colegas”	3
	Síntese de informação	- “[...] foi um pouco complicado diminuir tanta informação que nós achávamos importante para que o Podcast tive-se o tempo devido [...]” - “Distribuir as informações sobre o vulcão e a ilha para os diferentes locutores, porque representam diferentes "personagens". (podcast)”	2
	Gravação do Podcast	- “A maior dificuldade foi gravar os áudios várias vezes, até que ficassem bem.” - “No podcast, a dificuldade que notei foi gravar com entoação para captar a atenção dos ouvintes.”	5
Dinâmica das atividades	Trabalho em grupo	- “[...] no podcast, o facto de 2 sínteses não terem sido feitas por mim, dificultou entender uma parte das sínteses.” - “[...] a falta de cooperação perante o grupo.”	4
Planificação	Exigência	- “deram muito trabalho”	2
	Tempo	- “[...]o tempo que nos foi dado foi pouco”	3

Em suma, a maioria dos alunos gostou das atividades realizadas na fase de pós-decisão e tiveram um bom desempenho. No entanto, a partir da análise dos dados recolhidos e após reflexão existem aspetos que podem ser melhorados.

Apesar de terem sido apenas dois alunos a referir como aspeto negativo que, por vezes, era difícil compreender as diferentes perspetivas apresentadas durante a discussão, este resultado vai ao encontro do descrito por Wilmes e Howarth (2009), que referem que durante a discussão de controvérsias sociocientíficas, por vezes, os alunos têm dificuldade em compreender que podem existir diferentes soluções para o mesmo problema. Assim, para colmatar esta dificuldade sentida pelos alunos, uma solução passaria por explorar mais a incerteza da ciência e explicar melhor aos alunos a importância de estudar controvérsias sociocientíficas na sala de aula, tal como sugerido por Lee, Lee e Zeidler, (2019).

Outro aspeto negativo indicado pelos alunos foi a gestão da discussão. A gestão da discussão foi realmente um dos grandes desafios desta atividade, sendo que o papel do professor é importante para o sucesso da mesma (Simonneaux, 2008). Apesar da discussão ter sido muito democrática e sem conflitos, como a controvérsia sociocientífica em estudo era muito complexa, os alunos estavam muito envolvidos e tiveram uma participação muito ativa e entusiasta, por vezes foi difícil acelerar o ritmo da discussão ou *cortar a palavra*, porque existia sempre algum aluno que queria continuar a explorar as decisões dos colegas. Devido à dificuldade na gestão da discussão a atividade demorou mais que o previsto, assim nas próximas discussões tenho de ter um papel mais assertivo e cronometrar o tempo disponível para a exploração de cada decisão.

Para ajudar os alunos a melhorarem a capacidade de argumentação é importante realizar atividades como a discussão de controvérsias sociocientíficas ao longo de todo o ano.

Os alunos indicaram que tiveram dificuldades em construir o texto do *podcast* e principalmente em gravar com a entoação correta. Sprague e Pixley (2008) identificaram como as principais dificuldades para a concretização de *podcasts* na sala de aula a necessidade de se conhecer os procedimentos técnicos para a gravação do *podcast* e o tempo exigido para a realização de uma boa gravação. Atendendo a este estudo e segundo Forbes (2011) que indica que estes problemas podem ser superados com o correto apoio técnico do professor, foi disponibilizado aos alunos um guião sobre como gravar o *podcast* (Apêndice N) e foi-lhes também explicado no fim de uma sessão síncrona. Estas estratégias parecem ter atenuado a dificuldade em conhecer os procedimentos técnicos de como gravar o *podcast*, no entanto os alunos referiram que

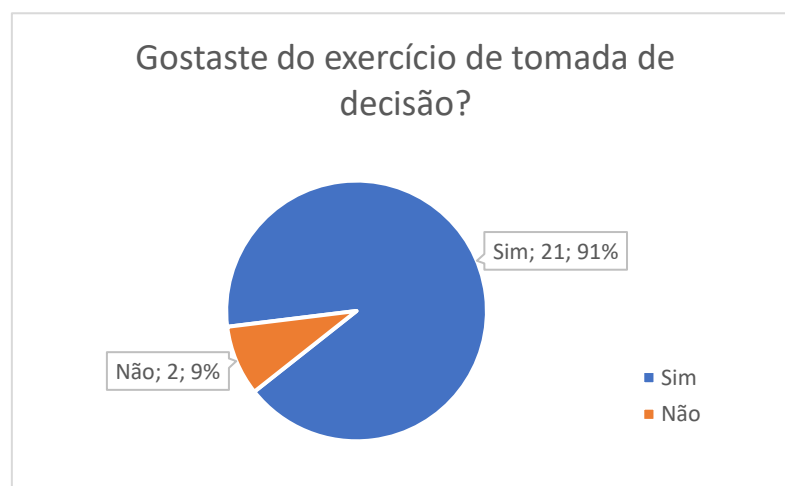
tiveram dificuldade em gravar o *podcast* com a entoação correta pelo que a melhor forma de os ajudar teria sido disponibilizar mais tempo para treinarem.

Um aluno referiu que sentiu dificuldades em compreender as 2 sínteses dos colegas e outros referiram que o trabalho em grupo não correu como desejado. Se voltasse a repetir esta atividade melhorava a constituição dos grupos.

Por fim, alguns alunos acharam a atividade exigente para o tempo disponível pelo que se fosse possível teria disponibilizado mais tempo, especialmente porque os alunos precisaram de gravar várias vezes o *podcast*. Porém, os alunos tiveram uma elevada participação durante as entregas das versões provisórias e o seu empenho reflete-se no seu bom desempenho na atividade 5.

#### **6.4.Qual a apreciação geral dos alunos sobre este exercício de tomada de decisão?**

No questionário final os alunos fizeram uma apreciação geral sobre o exercício de tomada de decisão. De acordo com o gráfico da Figura 54, 21 alunos (91%) gostaram do exercício de tomada de decisão. Por oposição 2 alunos (9%) não gostaram do exercício de tomada de decisão.



**Figura 54.** Apreciação dos alunos sobre o exercício de tomada de decisão (n=23).

Os alunos destacaram vários aspetos positivos como a tarefa global ter permitido que compreendessem melhor os conteúdos do vulcanismo, por exemplo, *“Permitiu-nos compreender melhor a matéria do vulcanismo, já que nos fez contactar com situações do mundo real”*. Os alunos também destacaram que gostaram de tomar a decisão *“Achei muito criativo a professora ter-nos dado a responsabilidade “para as mãos”. Eu pessoalmente estava bastante entusiasmada com a decisão e de*

*apresentar a decisão do meu grupo aos meus colegas.” e que gostaram de compreender a complexidade inerente à tomada de decisão pois “Permitiu-nos entender a importância e dificuldade deste tipo de decisões.”. Além disso, alguns alunos destacaram como aspeto positivo o facto de terem trabalhado em grupo visto que “A cooperação e empenho em grupo de modo a evoluirmos e aprendermos mais em conjunto.” e um aluno destacou que “É mais interessante do que um teste ou ficha”. Alguns alunos referiram que o exercício de tomada de decisão permitiu o desenvolvimento de capacidades, nomeadamente a argumentação “Melhorou a minha argumentação científica.”, o raciocínio “melhorou a nossa capacidade de raciocínio e de análise de dados” e a tomada de decisão “uma melhor capacidade de decisão” e o desenvolvimento de atitudes como o espírito crítico “um maior conhecimento do mundo e dá-nos mais espírito crítico” (Quadro 19).*

**Quadro 19.** Aspetos positivos do exercício de tomada de decisão.

<b>Questão:</b> Que aspetos positivos destacas deste exercício de tomada de decisão?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	n
Conteúdos	Compreensão dos conteúdos	- “Permitiu-nos compreender melhor a matéria do vulcanismo, já que nos fez contactar com situações do mundo real e, conseguimos, assim, perceber os riscos e os perigos das erupções vulcânicas, como estas funcionam e os benefícios que também trazem, os diferentes tipos de vulcanismo, etc. Conseguimos ainda aplicar esta matéria no nosso mundo e perceber como as populações reagem face às erupções, aos vulcões e aos riscos, e porquê e como as podemos ajudar, dando a todos o melhor destino possível.[...]”	4
Concretização do exercício de tomada de decisão	Tomada de decisão	- “Achei muito criativo a professora ter-nos dado a responsabilidade “para as mãos”. Eu pessoalmente estava bastante entusiasmada com a decisão e de apresentar a decisão do meu grupo aos meus colegas.”;	6
	Compreensão da complexidade da tomada de decisão	- “Permitiu-nos entender a importância e dificuldade deste tipo de decisões.” - “O exercício de tomada de decisão ajudou-nos a ter uma mente mais aberta para realmente podermos chegar a um acordo entre grupo e para tomar a melhor decisão.” - “conseguimos perceber que cada um tem uma opinião e que não há opiniões incorretas ou corretas.”	4
Dinâmica das atividades	Trabalho em grupo	- “A cooperação e empenho em grupo de modo a evoluirmos e aprendermos mais em conjunto.” - “Decisão foi tomada por um grupo inteiro” - “É um exercício onde temos de trabalhar muitas vezes em grupo logo melhoramos a nossa maneira de trabalhar em conjunto com outros colegas.”	5
	Interesse	- “É mais interessante do que um teste ou ficha”	1

Capacidade	Argumentação	- “Melhorou a minha argumentação científica.”	2
	Raciocínio	- “[...] melhorou a nossa capacidade de raciocínio e de análise de dados ligeiramente”	1
	Tomada de decisão	- “[...] uma melhor capacidade de decisão”	1
Atitudes	Espírito Crítico	- “Também nos possibilita um maior conhecimento do mundo e dá-nos mais espírito crítico”	1
Outros		- “Capacidade de organização foi explorada.”	1

Por outro lado, os alunos referem alguns aspetos negativos e dificuldades (Quadro 20) que devem ser tidas em conta para melhorar a ação da professora, para reformular a planificação e o próprio exercício para aplicações futuras. Assim, alguns alunos tiveram dificuldades durante a concretização das atividades ao utilizar alguns conceitos *“Tive algumas dificuldades em usar os termos corretos em determinadas atividades”*, durante a síntese do especialista *“As dificuldades no geral foram selecionar a informação mais importante e sintetiza-la”* e, especialmente, durante a tomada de decisão em grupo pois *“A maior dificuldade sentida foi tomar a decisão, devido aos diversos fatores a ter em conta.”*, além de um aluno referir que houve *“A falta de compreensão e empatia pela opinião do outro”*.

Por sua vez, o trabalho em grupo nem sempre decorreu como o desejado por *“Falta de cooperação do grupo perante o trabalho.”*. Além disso, um ano referiu que o ensino a distância teve um impacto negativo na dinâmica das atividades pois *“Outro foi o facto de não estar fisicamente com a professora na escola, o que se tivesse acontecido poderia tornar a atividade ainda mais cativante.”*.

Por fim, em termos de planificação os alunos destacaram como aspeto negativo o facto do exercício de tomada de decisão incluir muitas etapas *“Foram muitas etapas e penso que isso possa ter deixado algumas pessoas confusas, mas também sei que foram precisas”* e porque exploraram sempre o mesmo caso de atividade vulcânica *“Explorar o mesmo caso de atividade vulcânica por muito tempo pode tornar-se cansativo”*. Além disso, referiram que o tempo disponibilizado foi *“Um dos aspetos negativos foram os prazos, que considereei um pouco apertados”*.

**Quadro 20.** Aspetos negativos e dificuldades sentidas pelos alunos durante o exercício de tomada de decisão.

Questão: Que aspetos negativos e dificuldades destacas deste exercício de tomada de decisão?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	n
Concretização das atividades	Utilização dos conceitos	- “Tive algumas dificuldades em usar os termos corretos em determinadas atividades”	1

	Síntese do especialista	- “As dificuldades no geral foram selecionar a informação mais importante e sintetiza-la.”	1
	Tomada de decisão em grupo	- “[...] construir argumentos bem estruturados e válidos.” - “A maior dificuldade sentida foi tomar a decisão, devido aos diversos fatores a ter em conta.” - “Também foi um pouco difícil tomar a decisão, devido à complexidade do problema, mas acabamos por conseguir todos.”	7
	Compreensão das diferentes perspetivas	- “A falta de compreensão e empatia pela opinião do outro”	1
Dinâmica das atividades	Trabalho em grupo	- “Falta de cooperação do grupo perante o trabalho.”	3
	Ensino a distância	- “Outro foi o facto de não estar fisicamente com a professora na escola, o que se tivesse acontecido poderia tornar a atividade ainda mais cativante.”	1
Planificação	Fases do exercício de tomada de decisão	- “Foram muitas etapas e penso que isso possa ter deixado algumas pessoas confusas, mas também sei que foram precisas. Mais uma vez, tivemos que pensar muito antes de começarmos a dizer os nossos argumentos e contra-argumentos.” - “Explorar o mesmo caso de atividade vulcânica por muito tempo pode tornar-se cansativo”	3
	Tempo	- “Falta de tempo”	4

Quando questionados sobre a importância de realizar exercícios de tomada de decisão em sala de aula os alunos consideram que são importantes para a compreensão dos conteúdos pois *“sim, porque não estamos apenas a decorar matéria, mas sim a entendê-la”* e *“Na minha opinião este exercício deveria ser realizado na sala de aula porque conseguimos adquirir muitos mais conhecimentos sobre o vulcanismo”*. Curiosamente, os alunos reconhecem que é importante para compreenderem a complexidade da tomada de decisão *“Sim penso que seja importante pois permite aos alunos trocarem diferentes opiniões para chegarem a uma conclusão mais acertada.”* e para *“ouvimos diferentes opiniões.”*. Outros alunos destacam que foi uma boa estratégia *“Nenhum professor me propôs uma atividade assim mas pessoalmente eu gostei imenso”* apesar de um aluno ser mais reticente *“Eu acredito que é importante caso seja um assunto simples, mas caso seja um assunto mais polémico, pode vir a criar influências que se estendem para fora da sala de aula.”*. Alguns alunos referiram que os exercícios de tomada de decisão são importantes para o desenvolvimento de capacidades *“Sim, porque obriga os alunos a serem autónomos com a pesquisa e com a decisão.”*, de atitudes *“como o espírito crítico científico”* e para aprenderem a trabalhar em grupo *“aprendermos a trabalhar melhor em grupo”*. Dois alunos exploraram o impacto da aplicação de exercícios de tomada de decisão em contexto

presencial ou à distância, sendo que um aluno acredita que *“Sim, pois em sala de aula, consigo comunicar, diretamente, com os meus colegas e realizar o trabalho muito mais rapidamente”*. Por sua vez, outro aluno tem opinião contrária *“Não porque acredito que tanto em casa como na escola estaríamos focados e empenhados”*. Um aluno não considera importante realizar exercícios de tomada de decisão em sala de aula pois *“afasta-se um pouco do temas das aulas e da sua matéria”* (Quadro 21).

**Quadro 21.** Importância dos exercícios de tomada de decisão

<b>Questão:</b> Consideras importante realizar exercícios de tomada de decisão na sala de aula? Porquê?			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	n
Potencialidades do exercício de tomada de decisão	Compreensão dos conteúdos	- “sim, porque não estamos apenas a decorar matéria, mas sim a entendê-la” - “Considero importante realizar exercícios de tomada de decisão, porque, para além de dar mais conhecimento sobre estas controvérsias, que poderíamos não saber que existiam, e sobre o mundo em geral, [...] Também nos ajuda a compreender melhor as matérias.”	6
	Compreensão da complexidade da decisão	- “Sim penso que seja importante pois permite aos alunos trocarem diferentes opiniões para chegarem a uma conclusão mais acertada.” - “Sim, porque nos permitem entender a importância e a dificuldade deste tipo de decisões.” - “Sim, pois desta forma entendemos melhor o ponto de vista dos outros.”	6
	Estratégia	- “Nenhum professor me propôs uma atividade assim, mas pessoalmente eu gostei imenso. [...]” - “Sim, porque ele nos faz trabalhar melhor”	3
	Desenvolvimento de capacidades	- “Sim, porque obriga os alunos a serem autónomos com a pesquisa e com a decisão.” - “capacidades, [...] pesquisa e seleção de informação”	2
	Desenvolvimento de atitudes	- “[...] como o espírito-crítico”	2
	Trabalho em grupo	- “[...] aprendermos a trabalhar melhor em grupo.”	1
	Ensino presencial vs Ensino a distância	- “Sim, pois em sala de aula, consigo comunicar, diretamente, com os meus colegas e realizar o trabalho muito mais rapidamente.” - “Não porque acredito que tanto em casa como na escola estaríamos focados e empenhados”	2
	Aspetos negativos	- “Não porque afasta-se um pouco dos temas das aulas e da sua matéria”	1

Os alunos foram desafiados a indicar sugestões para melhorar este exercício de tomada de decisão e, apesar da grande maioria indicar que correu tudo bem e que gostaram da tarefa, como por exemplo, *“Sei que sugestões são importantes para*

evoluções mas neste momento não me recordo de nada pois eu realmente gostei do trabalho que a professora fez connosco e não acho que seria possível fazer algo melhor! Obrigada professora e parabéns pelo excelente trabalho!”, alguns alunos deram sugestões importantes. Dois alunos referiram que seria importante recorrer a formas diferentes de conhecer a ilha do Fogo e até explorar outro vulcão para além do Pico do Fogo. Teria sido interessante explorar outros vulcões do arquipélago de Cabo Verde ou até a história da atividade vulcânica do vulcão Monte Amarelo. Um aluno indicou que *“Poderíamos melhorar a atividade 6.”* o que concordo visto que, apesar de ter sido muito interessante, demorou mais do que o previsto. Além disso, dois alunos indicam que gostariam de ter tido a liberdade de escolher os grupos, pelo que a constituição dos grupos seria um aspeto a melhorar. Outros dois alunos referem que gostariam de ter tido mais tempo para a concretização dos trabalhos, pelo que a planificação também é um aspeto a melhorar. Por fim, um aluno referiu que seria importante a professora *“Ter sempre um plano B para quando ocorrer um problema não esperado(quarentena)”*. Esta é uma sugestão importante tendo em consideração o contexto pandémico atual e os futuros desafios no ensino (Quadro 22).

**Quadro 22.** Sugestões dos alunos para melhor este exercício de tomada de decisão.

<b>Questão:</b> Indica sugestões para melhorar este exercício de tomada de decisão no ensino do vulcanismo.			
Categorias	Subcategorias	Exemplos	<i>n</i>
Planificação	Melhorar atividades	- “Outras formas de conhecer a ilha do fogo para além do <i>google earth</i> .” - “Invés de se explorar apenas um vulcão, explora-se dois com características diferentes.” - “Poderíamos melhorar a atividade 6.”	3
	Trabalho em grupo	- “[...] liberdade de escolher os membros do grupo” - “Deixar nós mesmo escolhermos o grupo”	2
	Tempo	- “Dar mais tempo para a realização do trabalho.” - “Prazos mais longos”	2
	Ensino a distância	- “Ter sempre um plano B para quando ocorrer um problema não esperado(quarentena)”	1



## VI. Considerações Finais

### 1. Conclusão

A análise dos dados recolhidos permite concluir que este exercício de tomada de decisão permitiu a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades e atitudes, de acordo com as Aprendizagens Essenciais (Ministério da Educação, 2018) e o Perfil dos Alunos (Ministério da Educação, 2017).

Este exercício de tomada de decisão foi construído de acordo com a estrutura de Fang, Hsu e Lin (2019), tendo sido adaptadas diferentes fases para a sua concretização. Foi construído de forma a que os alunos tivessem um papel ativo durante todo o processo e que através da interação com os conteúdos, com os colegas e com a professora, adquirissem novos conhecimentos e desenvolvessem capacidades e atitudes importantes, recorrendo aos pressupostos da Teoria de Vygotsky. Para fomentar a interação social todo o exercício de tomada de decisão foi realizado em grupo e, na atividade 3, foi utilizado o Método de Jigsaw como método de aprendizagem cooperativa. Aliás, no contexto de ensino remoto de emergência a interação social ganhou ainda mais relevância, para que os sentimentos de isolamento fossem apaziguados e para que os alunos *continuassem a aprender apesar do contexto*.

Ao longo das três fases do exercício de tomada de decisão os alunos adquiriram conhecimentos substantivos, resultado do estudo do vulcanismo da ilha do Fogo e enquadrados nos conteúdos da unidade do vulcanismo. Na fase de pré-decisão os conhecimentos adquiridos a partir do estudo da controversia sociocientífica, a nível científico, social, económico, entre outros, foram importantes para a resolução do exercício de tomada de decisão. De facto, segundo Acar, Turkmen e Roychoudhury, (2010) esta fase é importante para a recolha das informações fundamentais para a tomada de decisão. Nas fases seguintes, os alunos continuaram a adquirir conhecimentos substantivos, mas começaram a aperceber-se da complexidade do exercício de tomada de decisão e da inexistência de uma única solução para o desafio proposto, adquirindo assim conhecimentos epistemológicos. Este resultado é particularmente importante porque os conhecimentos epistemológicos são essenciais para a compreensão de controversias sociocientíficas (Lee, Lee & Zeidler, 2019) e para o desenvolvimento da literacia científica (Reis, 2006).

Os alunos desenvolveram diferentes capacidades, nas diferentes fases do exercício e de acordo com as atividades propostas. Na tarefa global foram capazes de

analisar e interpretar documentos, pesquisar e sintetizar informação, transformar informação em conhecimento, interpretar informações para a tomada de decisões, argumentar, comunicar, compreender informações de natureza científica e humanística, avaliar o impacto da decisão, cooperar com os colegas e criar produtos. Além disso, desenvolveram atitudes importantes como o respeito, a autonomia, a responsabilidade, a tolerância e o espírito crítico, em diferentes atividades.

Durante a tomada de decisão os alunos deparam-se com a complexidade da controvérsia em estudo. A mobilização da dimensão social durante a tomada de decisão é um resultado importante visto que no estudo de controvérsias sociocientíficas é suposto que os alunos recorram a dimensões diferentes para além da científica (Nielsen, 2013). No entanto, a dimensão científica também foi frequentemente explorada e de forma eficiente pela maioria dos grupos, ao contrário do que Wu e Tsai (2007) registaram no seu estudo, onde os alunos demonstraram dificuldades em aplicar os seus conhecimentos científicos a um contexto real. Esta diferença pode dever-se à planificação deste exercício de tomada de decisão e à própria controvérsia sociocientífica escolhida. A dimensão emotiva foi mais explorada durante a discussão do que durante a escrita dos argumentos para suportar a decisão, sendo este um aspeto importante a explorar em estudos futuros.

No geral, os alunos gostaram do exercício de tomada de decisão. Alguns referiram que a atividade do *Google Earth* foi interessante e diferente dos trabalhos habituais, tendo permitido adquirir conhecimentos. Outros gostaram da síntese do especialista e do método de Jigsaw. Na atividade de tomada de decisão, curiosamente, os alunos gostaram de a realizar em grupo, sendo que alguns ainda referiram que foi importante para adquirir conhecimentos e desenvolver capacidades. Alguns alunos destacaram que a atividade de *podcasts* foi dinâmica e importante para a consolidação das aprendizagens. A discussão da controvérsia para os alunos foi relevante como momento de reflexão e onde através da partilha de pontos de vista com os colegas aprenderam ainda mais.

Em relação aos aspetos negativos e às dificuldades sentidas pelos alunos, alguns referiram que tiveram dificuldade em utilizar o *Google Earth*, apesar desta dificuldade ter sido ultrapassada. Outros sentiram dificuldade em sintetizar, recolher e compreender a informação durante a síntese do especialista. Durante a tomada de decisão alguns alunos sentiram que a complexidade da tomada de decisão, ou seja, o facto de não existir uma única solução correta, aumentou a dificuldade da atividade.

Outros tiveram dificuldade em estruturar os argumentos e em tomar a decisão em grupo por ser difícil chegarem a um consenso. Durante a produção do *podcast* alguns alunos sentiram dificuldades em sintetizar informação e em gravar os áudios. Por sua vez, durante a discussão alguns alunos tiveram dificuldade em aceitar as diferentes perspetivas, sendo que a gestão da controvérsia foi um aspeto negativo que a professora tem de melhorar.

Transversalmente, alguns alunos destacaram positivamente o facto de o trabalho ter sido realizado em grupo, apesar de outros referirem que, por vezes, houve falta de cooperação entre alguns elementos do grupo. Outro aspeto negativo identificado por alguns alunos foi a falta de tempo para a concretização das atividades. Além disso, alguns alunos referiram que gostariam de ter escolhido os grupos.

A análise dos resultados permite refletir sobre as potencialidades educativas do uso de exercícios de tomada de decisão. Os aspetos positivos permitem reforçar que a planificação, baseada na leitura dos diversos artigos, didáticos e científicos, foi importante para tornar a concretização do exercício mais profícua para os alunos. No entanto, os aspetos negativos e as dificuldades sentidas pelos alunos, permitem identificar os pormenores a melhorar, tal como refletido ao longo do capítulo da discussão. Aliás, em toda a investigação foi importante recorrer sistematicamente à reflexão como forma de melhorar e transformar a ação na “sala de aula”, tal como sugerido por Oliveira & Serrazina, (2002). Esta reflexão ocorreu cedo, antes da própria intervenção ou das aulas através da discussão com os orientadores, durante a leitura e releitura dos artigos que suportam este trabalho e através da construção e reconstrução de todos os materiais utilizados na intervenção. Também existiu durante a ação nas sessões síncronas e assíncronas, apesar de nestes momentos o processo de reflexão ser difícil de realizar. No entanto, quando concretizado com sucesso permitiu reformular ação no imediato a fim de tentar promover a criação de melhores contextos de aprendizagem para os alunos. A reflexão ocorreu também após a ação, nos momentos de reflexão com os orientadores ou através da escrita no diário de campo, sobre o que correu bem e mal durante as atividades, sobre o que mudar ou reforçar nas sessões seguintes, para mais uma vez tentar potenciar a aprendizagem dos alunos. Este processo constante de reflexão da professora e de aperfeiçoamento não termina nem terminará, sendo este um dos aspetos mais desafiantes da profissão. Além disso, o potencial educativo deste exercício de tomada de decisão provavelmente também dependeu do contexto em que foi realizado, ou seja, através do ensino remoto de

emergência, onde os alunos tiveram a oportunidade de explorar uma ilha distante numa altura onde lhes era pedido para ficarem em casa. Os bons trabalhos produzidos e, especialmente, as decisões tomadas sobre a eventual deslocação da população de Chã das Caldeiras são reflexo desta viagem imaginária e das investigações realizadas. Além disso, os alunos que participaram neste estudo mostraram uma elevada motivação e um entusiasmo contagiante durante as atividades realizadas, tendo um impacto direto nos resultados deste estudo.

A presente descrição da intervenção didática e os seus resultados são reflexo de todas as aprendizagens que realizei nos últimos três anos. O *minor* em Geologia teve um impacto muito positivo no meu percurso académico não só porque a Geologia é para mim das áreas científicas mais fascinantes, mas também porque os professores preocupavam-se em criar uma relação pedagógica positiva com os alunos. Aliás, a construção deste exercício de tomada de decisão foi inspirada na história que o professor José Madeira contou aos seus alunos numa aula de Geomorfologia. Na altura a história de resiliência da população de Chã das Caldeiras em permanecer no local onde sempre viveu, apesar das erupções do Pico do Fogo que destruíam as localidades de tempos a tempos foi fascinante. Foi fascinante pela geomorfologia da ilha, pelas pessoas, pelo vulcanismo da região, mas não só, o entusiasmo com que o professor contava a história, também contada mais tarde pelo professor Ricardo Ramalho, nas aulas de Perigosidade Vulcânica, foi contagiante. Esta história marcou-me e mais tarde serviu de inspiração para o presente trabalho: *Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?*

Durante o mestrado todas as unidades curriculares foram importantes para crescer enquanto professora. As didáticas permitiram-me compreender a importância de inovar na sala de aula, se possível em cooperação com os colegas. Penso que uma das maiores lições que retiro deste mestrado é a importância da partilha de materiais, da discussão das planificações e da criação de cenários de aprendizagem com os colegas. Um professor sozinho pode ter algum impacto na sua turma. Mas vários professores em cooperação terão com certeza um maior impacto num maior número de alunos. Aprendi também a importância de analisar o currículo, de compreender os processos subjacentes ao desenvolvimento e à aprendizagem dos alunos, as interações bilaterais entre a escola e a sociedade e estudei metodologias que serão fundamentais para o futuro. Todas as componentes de introdução à prática profissional foram

importantes não só para começar a contactar com a escola, mas também para realizar pequenas investigações. Todos os professores que contactei no primeiro ano foram importantes para aprender, mas a professora cooperante teve um papel fundamental no meu crescimento profissional.

A intervenção didática ocorreu num contexto inesperado, mas teve um impacto importante na minha formação. Apercebi-me da importância de ser capaz de me adaptar às diferentes circunstâncias, mas também sei que esta circunstância provavelmente foi uma das mais desafiantes a que os professores estiveram sujeitos, sendo a exceção e não a regra. Apesar da minha intervenção ter corrido relativamente bem à distância acredito que o ensino presencial é o único que pode garantir a equidade no acesso à educação de todos os alunos. Relembrando a releitura feita do livro *A Caverna* de José Saramago, por dois colegas no 1.º ano do mestrado que refletiram sobre o impacto da substituição do professor por uma máquina, hoje sei que este cenário não faz sentido.

A minha intervenção, apesar do contexto, superou as minhas expectativas. Todos os momentos síncronos e assíncronos permitiram-me continuar a aprender. Aliás, tive a vantagem de a professora cooperante e os orientadores terem acompanhado as aulas e analisado os materiais produzidos, o que permitiu crescer profissionalmente. Depois desta experiência vejo a importância de aproximar as universidades às escolas pois estes alunos conheceram de perto o trabalho do professor José Madeira e do professor Ricardo Ramalho, cientistas portugueses, que agora podem ser uma referência para estes alunos.

Em suma, sei que de nada serve aplicar receitas pré-feitas de estratégias estudadas porque o seu sucesso e insucesso dependerá do contexto onde serão empregues. Assim, o aperfeiçoamento da prática, a reflexão contante, a construção de novos materiais, a busca por novos conhecimentos nunca cessará, nem pode cessar, porque só assim continuarei a crescer.

## **2. Estudos Futuros**

Em estudos futuros seria interessante aplicar este exercício, com as devidas reformulações, em diferentes contextos e anos letivos. Por exemplo, este exercício pode ser adaptado ao 7.º ano de escolaridade, sendo interessante comparar quais as dimensões que os alunos mais novos mobilizam na tomada de decisão.

Durante a atividade 1 – Exploração virtual no *Google Earth* – seria importante que os alunos tivessem um papel mais ativo durante a exploração da aplicação, sendo que o impacto pedagógico desta aplicação deveria ser mais explorado, não só no contexto deste exercício de tomada de decisão, mas noutras temáticas dentro do programa de Biologia e Geologia/Ciências Naturais.

Neste exercício o método de Jigsaw foi adaptado para o contexto de ensino remoto, mas seria importante explorar o seu potencial como forma de promover o desenvolvimento cognitivo e socio-afetivo dos alunos durante a concretização do exercício presencialmente.

Outro aspeto interessante a explorar em estudos futuros seria analisar o impacto da tomada de decisão em grupo. Ou seja, é importante investigar como os alunos negociam as decisões em grupo, visto que, tal como identificado por alguns alunos, por vezes os elementos do grupo têm opiniões divergentes. Assim, a identificação dos fatores que influenciam o processo de negociação e de tomada de decisão em grupo é um trabalho interessante a realizar. Aliás, este tipo de atividade simula os grupos de trabalho de políticos, investigadores, médicos, entre outros, sendo importante investigar como os alunos negociam a decisão final em grupo.

Durante a discussão da controvérsia sociocientífica seria importante analisar a forma como os alunos argumentam durante a análise das propostas dos colegas, para se identificar quais as dimensões mais mobilizadas e a forma como argumentam e contra-argumentam.

## VII. Referências

- Abrantes, P. (2003). Identidades juvenis e dinâmicas de escolaridade. *Sociologia, problemas e práticas*, 41, 93-118.
- Alfama, V. I. B. (2007). *Património Geológico da Ilha do Fogo (Cabo Verde): Inventariação, Caracterização e Propostas de Valorização*. (Tese de Mestrado). Universidade do Minho, Braga.
- Acar, O., Turkmen, L., & Roychoudhury, A. (2010). Student difficulties in socioscientific argumentation and decision-making research findings: Crossing the borders of two research lines. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1191-1206.
- Afonso, N. (2005). *Investigação Naturalista em Educação: Guia prático e crítico*. Porto: Asa Editores.
- Arnósson, S., Thórhallsson, S., & Stefánsson, A. (2015). Utilization of Geothermal Resources. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp 1236-1251). London, UK: Elsevier.
- Barbosa, J., & Alaiz, V. (1994). Explicitação de Critérios – Exigência Fundamental de Uma Avaliação ao Serviço da Aprendizagem. In I.I.E. (Ed.) *Pensar Avaliação Melhorar a Aprendizagem*. Lisboa: I.I.E.
- Barclay, J., Haynes, K., Houghton, B., & Johnston, D. (2015). Social Processes and Volcanic Risk Reduction. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp 1203-1214). London, UK: Elsevier.
- Bogdan, R., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Branney, M., & Acocella, V. (2015). Calderas. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp 300-315). London, UK: Elsevier.
- Brum da Silveira, A., Madeira, J., & Serralheiro, A. (1997). A estrutura da ilha do Fogo, Cabo Verde. A erupção vulcânica de 1995 na ilha do Fogo, Cabo Verde. *Instituto de Investigação Científica Tropical e Ministério da Ciência e da Tecnologia*, pp. 63-78.
- Brum da Silveira, A., & Madeira, J. (2006). Morfologia e estrutura da ilha do Fogo (Cabo Verde): novos dados. In *VII Congresso Nacional de Geologia*. (pp. 679-682).
- Bybee, R. W. (2002). Scientific inquiry, student learning, and the science curriculum. In *Learning science and the science of learning* (pp. 25-35). Arlington, VA: NSTA Press.
- Cabral, J., Ferreira, T., Gaspar, J. L., & Queiroz, G. (2012). Perigos Geológicos na ilha do Fogo (Cabo Verde): Implicações para o planeamento de emergência. In Quinta-Ferreira, M. Barata, F. Lopes, A. Andrade, H. Henriques, R. Pena dos Reis, & E. Ivo Alves (Coords.), *Para desenvolver a Terra: memórias e notícias de geociências no espaço lusófono*. (pp. 131-139). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Calder, E. S., Lavallée, Y., Kendrick, J. E., & Bernstein, M. (2015). Lava Dome Eruptions. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp 343-362). London, UK: Elsevier.
- Carracedo, J. C., Perez-Torrado, F. J., Rodriguez-Gonzalez, A., Paris, R., Troll, V. R., & Barker, A. K. (2015). Volcanic and structural evolution of Pico do Fogo, Cape Verde. *Geology Today*, 31(4), 146-152.

- Carvalho, A., Aguiar, C., & Maciel, R. (2009). Taxonomia de Podcasts: da criação à utilização em contexto educativo. In A. Carvalho (Coord.) *Actas do Encontro sobre Podcasts*. (pp. 96-109).
- Chagas, I. (2000). Literacia científica. O grande desafio para a escola. In *Actas do 1º encontro nacional de investigação e formação, globalização e desenvolvimento profissional do professor*. Escola Superior de Educação de Lisboa.
- Collins, A. (2002). How Students Learn and How Teachers Teach. In R. W. Bybee (Ed.), *Learning Science and the Science of Learning* (pp. 3-11). Arlington: National Science Teachers Association.
- Cruz, S. C. (2009). O Podcast no Ensino Básico. In A. Carvalho (Coord.) *Actas do Encontro sobre Podcasts*. (pp. 65-80).
- Davidson, J.P., Reed, W.E., & Davis, P.M. (2002a). The Changing Planet: Earth as a System. In *Exploring Earth: na introduction to physical geology* (pp. 3-23). Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Davidson, J.P., Reed, W.E., & Davis, P.M. (2002b) Plate Tectonics. In *Exploring Earth: na introduction to physical geology* (pp. 179-189). Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Day, S. J., Silva, S. H., & Fonseca, J. F. B. D. (1999). A past giant lateral collapse and present-day flank instability of Fogo, Cape Verde Islands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 94(1-4), 191-218.
- Decreto-Lei nº 139/2012, de 5 de julho. *Diário da República*, 1ª, série – N.º 129 – 5 de julho de 2012. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência.
- Decreto-Lei nº 55/2018, de 6 de julho. *Diário da República*, 1ª, série – N.º 129 – 6 de julho de 2018. Lisboa: Ministério da Educação.
- DGE. 2020 Roteiro - 8 Princípios Orientadores para a Implementação do Ensino a Distância (E@A) nas Escolas. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/roteiro\\_ead\\_vfinal.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/roteiro_ead_vfinal.pdf)
- Dias, R. (2019). Da Dinâmica Global aos Processos Geológicos, Centro Ciência Viva de Estremoz, 439 p.
- Doerin, A., & Veletsianos, G. (2007). An Investigation of the Use of Real-Time, Authentic Geospatial Data in the K-12 Classroom. *Journal of Geography*, 106, 217-225.
- Earth Learning Idea (s.d). *See how they run: Investigate why some lavas flow further and more quickly than others*. Retirado de: [https://www.earthlearningidea.com/PDF/See\\_how\\_they\\_run.pdf](https://www.earthlearningidea.com/PDF/See_how_they_run.pdf)
- Erfurt-Cooper, P., Sigurdsson, H. & Lopes, R. M. C. (2015). Volcanoes and Tourism. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 1296-1310). London, UK: Elsevier.
- Estrela, A. (1994). Problemática Geral da Observação. In : *Teoria e Prática de Observação de Classes – Uma Estratégia de Formação de Professores*. Porto: Porto Editora.
- Fang, S. C., Hsu, Y. S., & Lin, S. S. (2019). Conceptualizing socioscientific decision making from a review of research in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(3), 427-448.
- Fatareli, E. F., Ferreira, L. N. D. A., Ferreira, J. Q., & Queiroz, S. L. (2010). Método cooperativo de aprendizagem Jigsaw no ensino de cinética química. *Química nova na escola*, 32(3), 161-168.



- Flores, M. A., & Gago, M. (2020). Teacher education in times of COVID-19 pandemic in Portugal: national, institutional and pedagogical responses. *Journal of Education for Teaching*, 1-10.
- Forbes, D. (2011). Beyond lecture capture: Student-generated podcasts in teacher education. *Waikato Journal of Education*, 16(1), 51-63.
- Freire, P. (1987). A concepção <bancária> da educação como instrumento da opressão. Seus pressupostos, sua crítica. In. *Pedagogia do Oprimido 28ª Edição* (pp.57-75). Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra.
- Galvão, C. Reis, P., Freire, A., & Oliveira, T. (2006). *Avaliação de competências em ciências: Sugestões para professores dos ensinos básicos e secundário*. Lisboa: ASA Editores.
- Galvão, C., Reis, P., & Freire, S. (2011). A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. *Ciências & Educação*, 17(3), 505-522.
- Gares, S. L., Kariuki, J. K., & Rempel, B. P. (2020). Community Matters: Student-Instructor Relationships Foster Student Motivation and Engagement in na Emergency Remote Teaching Environment. *Journal of Chemical Education*.
- Gericke, N., Huang, L., Knippels, M., Christodoulou, A., Dam, F., & Gaspaovic, S. (2020). Environmental Citizenship in Secondary Formal Education. In A. Hadjichambis, P. Reis, D. Paraskeva-Hadjichambi, J. Cincera, J. Pauw, N. Gericke, M. Knippels (Eds). *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21<sup>st</sup> Century Education*. (pp. 213-234) USA: Springer
- Grotzinger, J., Jordon, T., Press, F., & Siever, R. (2008). Volcanoes. In *Understanding Earth Fifth Editions* (pp. 305-335). USA: W H Freeman & Co.
- Grove, T. L., & Till C. B. (2015). Melting the Earth's Upper Mantle. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 36-47). London, UK: Elsevier.
- Grupo de Trabalho de Educação para a Cidadania (2017). *Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania*. Retirado de <http://bit.ly/3aebDg5>
- Hadjichambis, A. Ch., Reis, P., Paraskeva-Hadjichambi, D., Čincera, J., Boeve-de Pauw, J., Gericke, N., & Knippels, M.-C. (Eds.) (2020). *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education*. Series "Environmental discourses in Science Education". Cham: Springer.
- Hadjichambis, A. Ch., & Reis, P. (2020). Introduction to the conceptualisation of Environmental Citizenship for twenty-first century education. In A. Ch. Hadjichambis, P. Reis, D. Paraskeva-Hadjichambi, J. Čincera, J. Boeve-de Pauw, N. Gericke & M.-C. Knippels (Eds.). *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education* (pp. 1-14). Series "Environmental discourses in Science Education". Cham: Springer.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. Review of educational research, 77(1), 81-112. Hattie, J. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (pp. 173-176). New York: Routledge.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (pp. 173-176). New York: Routledge.
- Hennesy, R., Arnason, T., Ratinen, I., & Rubensdotter, L. (2012). Google Earth geo-education resources: A transnational approach from Ireland, Iceland, Finland, and Norway. *Geological Society of America Special Papers*, 492, 413-418.
- Hilário, T., & Reis, P. R. (2009). Potencialidades e limitações de discussão de controvérsias sociocientíficas como contributos para a literacia científica. *Revista de Estudos Universitários*, 35(2), 167-183.

- Hohenstein, J., & Manning, A. (2010). Thinking about learning. Learning in Science. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.) *Good Practice in Science Teaching* (pp. 68-81). Berkshire, England: Open University Press.
- Hsu, H., Tsai B., & Che, C. (2018). Teaching Topographic Map Skills and Geomorphology Concepts with *Google Earth* in a One-Computer Classroom. *Journal of Geography*, 117, 29-39.
- IAVE (2018). *PISA 2018 Portugal: Relatório nacional*. Retirado de <http://bit.ly/38CO0fF>
- IEUL (2016). *Carta Ética para a Investigação em Educação e formação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa*. Diário da República, 2ª série – Nº 52 – 15 de março de 2016. Retirado de <http://bit.ly/3aHLeaJ>
- InfoEscolas (s.d). *Estatísticas do Ensino Secundário*. Retirado de <http://bit.ly/2DB7ljQ>
- Infopress (2018, 31 janeiro). Fogo: Consulta pública do Plano Detalhado de Chã das Caldeiras foi fraca. Retirado de: <https://noticias.sapo.cv/actualidade/artigos/fogo-consulta-publica-do-plano-detalhado-de-cha-das-caldeiras-foi-fraca>
- Jarret, D. (1997). *Inquiry strategies for science and mathematics learning*. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2010). The Impact of Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning Environments on Academic Achievement. In J. Hattie., & E. Anderman, (Eds.) *International handbook of student achievement*. (pp. 372-374). New York: Routledge.
- Kilburn, C. R. J. (2015). Lava Flow Hazards and Modeling. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 957-969). London, UK: Elsevier.
- LaFemina, P. C. (2015). Plate Tectonics and Volcanism. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 65-91). London, UK: Elsevier.
- Langmann, B., Folch, A., Hensch, M., & Matthias, V. (2012). Volcanic ash over Europe during the eruption of Eyjafjallajökull on Iceland, April–May 2010. *Atmospheric Environment*, 48, 1-8.
- Lee, H., Lee, H., & Zeidler, D. L. (2019). Examining tensions in the socioscientific issues classroom: Students' border crossings into a new culture of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-23.
- Leite, L. (2000). As atividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In M. Sequeira, L. Dourado, T. Vilaça, L. Silva, S. Afonso, & M. Batista (Eds.) *Trabalho prático experimental em ciências*. (pp. 92-108). Universidade do Minho: Braga.
- Lisle, R. J. (2006). *Google Earth: a new geological resource*. *Geology Today*, 22(1), 29-32.
- Lopes, J., & Silva, H. S. (2012). *50 Técnicas de Avaliação Formativa*. Lisboa: Lidel.
- Madeira, J., Silveira, A. B., Mata, J., & Mourão, C. (2009). *Perigos geológicos na ilha Brava (Cabo Verde)*. Artigo de conferência.
- Madeira, J. (2015). *Missão Ilha do Fogo - A erupção de Novembro de 2014*. Apresentação, Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva.
- Marshak, S. (2007). Up from the Inferno: Magma and Igneous Rocks. In *Earth: Portrait of Planet Third Edition* (pp. 139-167). New York, USA: W.W. Norton & Company.

- Martínez-Moreno, F. J., Santos, F. M., Madeira, J., Pous, J., Bernardo, I., Soares, A., ... & da Silveira, A. B. (2018). Investigating collapse structures in oceanic islands using magnetotelluric surveys: the case of Fogo Island in Cape Verde. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 357, 152-162.
- Martins, I. P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 28-39.
- McNutt, S. R. (2015). Economic Benefits and Cultural Aspects of Volcanism. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 1233-1234). London, UK: Elsevier.
- Mendes, A., Rebelo, D., & Pinheiro E. (2001). Programa de Biologia e Geologia 10.º ano. Lisboa: Ministério da Educação. Lisboa: Ministério da Educação Retirado de <http://bit.ly/2TTu7Nj>
- Ministério da Educação (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Lisboa: Direção-Geral da Educação.
- Ministério da Educação (2018). *Aprendizagens essenciais: Biologia e Geologia 10.º ano*. Retirado de <https://bit.ly/2WvIQeQ>
- Moreira, M. A. (1999). A teoria da mediação de Vygotsy In: *Teorias de aprendizagem* (pp.119-121). São Paulo: Editora pedagógica e universitária.
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms* (pp. 8-13). England: Open University Press.
- Nelson, S. (2015a). Magmas and Igneous Rocks. Retirado de <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/igneous.htm>
- Nelson, S. (2015b). Volcanoes and Volcanic Eruptions. Retirado de <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/volcanoes.htm>
- Nelson, S. (2015c). Introduction and Origin of Earth. Retirado de: <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/lect1.pdf>
- Neves, A. C., & Ferreira, A. L. (2015a) Perspetiva histórica In *Avaliar é preciso?* (pp. 25-32).
- Neves, A. C., & Ferreira, A. L. (2015b) Objecto de Avaliação In *Avaliar é preciso?* (pp. 33-34).
- Nielson, J. A. (2009). Structuring students' critical discussions through processes of decision-making on socio-scientific controversies. *Revista de Estudos Universitários*, 35(2), 139-165.
- Nielson, J. A. (2012). Co-opting Science: A preliminary study of how students invoke science in value-laden discussions. *International Journal of Science Education*, 34(2), 275-299.
- Nielsen, J. A. (2013). Delusions about evidence: On why scientific evidence should not be the main concern in socioscientific decision making. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 373-385.
- Novak, J. D. (1981). Applying learning psychology and philosophy of science to biology teaching. *The American Biology Teacher*, 43(1), 12-20.
- NPS. (2020, 13 junho). Mauna Loa. Retirado de: <https://www.nps.gov/havo/learn/nature/mauna-loa.htm>
- Oliveira, I., & Serrazina, L. (2002). A reflexão e o professor como investigador. *Refletir e investigar sobre a prática profissional*, 29, 29-42.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.
- Owens, D. C., Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2017). Controversial issues in the science classroom. *Phi Delta Kappan*, 99(4), 45-49.

- Pallister, J., & McNutt, S. R. (2015). Synthesis of Volcano Monitoring. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 1151-1170). London, UK: Elsevier.
- Parham Jr, T. L., Cervato, C., Gallus Jr, W. A., Larsen, M., Hobbs, J., Stelling, P., ... & Gill, T. E. (2010). The InVEST volcanic concept survey: Exploring student understanding about volcanoes. *Journal of Geoscience Education*, 58(3), 177-187.
- PDNA. (n.d). Avaliação das Necessidades Pós-Desastre (PDNA): Erupção vulcânica no Fogo 2014-2015. Retirado de: [https://www.gfdrr.org/sites/default/files/PDNA\\_CV\\_REPORT\\_WEB\\_PT.PDF](https://www.gfdrr.org/sites/default/files/PDNA_CV_REPORT_WEB_PT.PDF)
- Peña, A., Balesteros, A., Cuevas, C. Giraldo, L., Martin, I., Molina, A., Rodriguez, A. & Vélez, U. (1994). Aprendizagem significativa e aprendizagem memorística In: *Mapas conceptuais - uma técnica para aprender*. (pp. 11-22) Lisboa: Edições Asa.
- Perez-Torrado, F. J., Paris, R., Rodriguez-Gonzalez, A., & Carracedo, J. C. (2015). Geologia da Ilha do Fogo. In D. Marques (Coord.), *Ilha do Fogo: Guia de Espécies* (pp. 28-45). Castro Verde: ESDIME- Agência para o Desenvolvimento local do Alentejo Sudoeste.
- Petillion, R. J., & McNeil, W. S. (2020). Student Experiences of Emergency Remote Teaching: Impacts of Instructor Practice on Student Learning, Engagement, and Well-Being. *Journal of Chemical Education*.
- Piecka, D., Studnicki, E., & Zuckerman-Parker, M. (2008). A proposal for ozone science podcasting in a middle science classroom, *AACE Journal*, 16(2), 203-233.
- Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., & Sadler, T. D. (2013). A Framework for Socio-Scientific Issues Based Education. *Science Educator*, 22(1), 26-32.
- Ramalho, R. (2011). *Building the Cape Verde Islands* (Tese de Doutoramento). Universidade de Bristol, Briston, UK.
- Ramalho, R. S., Winckler, G., Madeira, J., Helffrich, G. R., Hipólito, A., Quartau, R., ... & Schaefer, J. M. (2015). Hazard potential of volcanic flank collapses raised by new megatsunami evidence. *Science advances*, 1(9), 1-10.
- Reis, P. (2004). *Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida*. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. [Tese de doutoramento].
- Reis, P. (2006). Ciência e Educação: Que relação? *Interações*, 3, 160-187.
- Reis, P., & Galvão, C. (2008). Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 746-772.
- Reis, P. R. (2009). Ciência e Controvérsia. *Revista de Estudos Universitários*, 35(2), 9-15.
- Reis, P. (2011). *A Gestão do trabalho de Grupo*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Reis, P. (2013). Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 3(1), 1-10.
- Richter, N., Favalli, M., Dalfsen, E. Z., Fornaciai, A., Fernandes, R., M. S. F., ..., Walter, T. R. (2016). Lava flow hazard at Fogo Volcano, Cabo Verde, before

- and after the 2014-2015 eruption. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1-31.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *J. Res. Sci. Teach*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Sarmiento, M. J. (2011). O Estudo de Caso Etnográfico em Educação. In N. Zago, M. Pinto de Carvalho, & R. A. T. Vilela (Org.) *Itinerários de Pesquisa - Perspectivas Qualitativas em Sociologia da Educação* (137 - 179). Rio de Janeiro: Lamparina (2ª edição).
- Schipper, S., & Mattox, S. (2010). Using *Google Earth* to Study the Basic Characteristics of Volcanoes. *Science Scope*, 34(3), 28-37.
- Scifoni, S., Coltelli, M., Marsella, M., Proietti, C., Napoleoni, Q., Vicari, A., & Del Negro, C. (2010). Mitigation of lava flow invasion hazard through optimized barrier configuration aided by numerical simulation: The case of the 2001 Etna eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 192(1-2), 16-26.
- Serrano, R. (2020). Emoção, sentimento e razão: diálogos entre Júlio de Matos e António Damásio. *História. Revista da FLUP*, 10(1), 198-217.
- Siebert, L., Cottrell, E., Venzke, E., & Andrews, B. (2015). Earth's Volcanoes and Their Eruptions: Na Overview. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 239-254). London, UK: Elsevier.
- Sigurdsson, H. (2015a). The History of Volcanology. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 13-32). London, UK: Elsevier.
- Silva, C. M., & Ribeiro, C. P. (2019). Escola da Ponte: Um projeto pedagógico de referência. In *Roteiros da inovação pedagógica: escolas e experiências de referência em Portugal no século XX* (pp. 483-507). Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Silva, S., & Lindsay, J. M. (2015). Primary Volcanic Landforms. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 274-295). London, UK: Elsevier.
- Silva, O., B., Oliveira, J., R., S., & Queiroz, S., L. (2011). Abordagem CTS no ensino médio: estudo de caso com enfoque sociocientífico. In A. Madeira, D. Santos, D. Imbroisi, J. Coutinho, L. Pulino, R. Aguiar, & S. Costa (Eds.) *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. (pp. 323-346). Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. In S. Erduran, & M. Jiménez-Aleixandre (Eds). *Argumentation in science education*. (pp. 179-199). USA: Springer.
- Sprague, D., & Pixley, C. (2008). Podcasts in education: Let their voices be heard. *Computers in the Schools*, 25(3-4), 226-234.
- Staudigel, H., & Koppers, A. A. P. (2015). Seamounts and Island Building. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 405-421). London, UK: Elsevier.
- Stimac, J., Goff, F., & Goff, C. J. (2015). Intrusion-Related Geothermal Systems. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 800-822). London, UK: Elsevier.



- Stix, J. (2015). Effusive Volcanism. In H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 317-318). London, UK: Elsevier.
- Teig, N., & Scherer, R. (2016). Bringing Formal and Informal Reasoning Together—A New Era of Assessment?. *Frontiers in psychology*, 7(1097), 1-5
- USGS. (2014, setembro 22). Geology and History Summary for Mount St. Helens Retirado de: [https://volcanoes.usgs.gov/volcanoes/st\\_helens/st\\_helens\\_geo\\_hist\\_101.html](https://volcanoes.usgs.gov/volcanoes/st_helens/st_helens_geo_hist_101.html)
- UNICV. (2014) Relatório I. Erupção vulcânica de 2014. Retirado de: [https://www.unicv.edu.cv/images/RelatorioI\\_23\\_11\\_2014.pdf](https://www.unicv.edu.cv/images/RelatorioI_23_11_2014.pdf)
- Viera, R. M., Tenreiro-Vieira, C., & Martins, I. P. (2011). A orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). In *A Educação em Ciências com Orientação CTS*. (pp.14-17). Porto: Areal Editores.
- Wang, H. H., Hong, Z. R., Liu, S. C., & Lin, H. S. (2018). The impact of socio-scientific issue discussions on student environmentalism. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12), 1-15.
- West, B. A. (2003). Student Attitudes and the Impact of GIS on Thinking Skills and Motivation. *Journal of Geography*, 102, 267-274.
- Wilmes, S., & Howarth, J. (2009). Using issues-based science in the classroom *The Science Teacher*, 76(7), 24-29.
- Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2007). High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: Qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1163-1187.
- Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2011). High school students' informal reasoning regarding a socio-scientific issue, with relation to scientific epistemological beliefs and cognitive structures. *International Journal of Science Education*, 33(3), 371-400.
- Yang, F. Y., & Anderson, O. R. (2003). Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. *International Journal of Science Education*, 25(2), 221-244.
- Zeidler, D. L., Herman, B. C., & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(11), 1-9.

## **VIII. Apêndices**

**Apêndice A** – Planificações das aulas

**Apêndice B** – *Site* construído para a intervenção

**Apêndice C** – Questionário diagnóstico

**Apêndice D** – Exemplo de um *PowerPoint*

**Apêndice E** – Ficha formativa: vulcanismo

**Apêndice F** – Ficha atividade experimental sobre a viscosidade da lava

**Apêndice G** – Guião com as orientações para o relatório

**Apêndice H** – Guião de utilização do *Google Earth Pro*

**Apêndice I** – Ficha atividade *Google Earth Pro*: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon

**Apêndice J** – Ficha do exercício de tomada de decisão

**Apêndice L** – Guião de utilização do *Google Earth Online*

**Apêndice M** – Questionário pré-exercício de tomada de decisão

**Apêndice N** – Guião de como criar um *podcast*

**Apêndice O** – Grelha de avaliação: atividade experimental sobre a viscosidade da lava

**Apêndice P** – Grelha de avaliação atividade 1: Exploração virtual da ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth*

**Apêndice Q** – Grelha de avaliação atividade 3: Investigação e síntese do especialista

**Apêndice R** – Grelha de avaliação atividade 4: Tomada de decisão

**Apêndice S** - Grelha de avaliação atividade 5: *Podcasts*

**Apêndice T** - Grelha de avaliação atividade 6: Discussão da controvérsia sociocientífica

**Apêndice U** – Pesos das atividades do exercício de tomada de decisão

**Apêndice V** – Resultados do questionário sobre o acesso a recursos digitais

**Apêndice X** – Questionário final da intervenção

**Apêndice Z** – Ficha de auto- e heteroavaliação

## Apêndice A

### Apêndice A1 – Planificação aula 1

<b>Data:</b> <b>05/05/2020</b>	<b>Sumário:</b> Início do estudo do vulcanismo – Vulcanismo primário e secundário. Erupção vulcânica efusiva.	
<b>Aula síncrona</b>	<b>Plataformas:</b> Site vulcanismo10ano; Zoom; Formulário Google; Youtube	
<b>Conceitos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Caldeira;</li><li>- Erupção efusiva;</li><li>- Lava;</li><li>- Lavas encordoadas ou <i>pahoehoe</i>;</li><li>- Lavas escoriáceas ou <i>aa</i>;</li><li>- Lavas em almofadas ou <i>pillow lavas</i>;</li><li>- Magma;</li><li>- Piroclastos (cinzas vulcânicas; <i>lapilli</i>; bombas vulcânicas);</li><li>- Placas tectónicas;</li><li>- Vulcanismo central e fissural;</li><li>- Vulcanismo primário;</li><li>- Vulcanismo;</li><li>- Vulcão;</li></ul>	
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compreender o que é o vulcanismo;</li><li>- Identificar as características do vulcanismo central e fissural;</li><li>- Distinguir os diferentes elementos de um vulcão;</li><li>- Compreender a formação de uma caldeira vulcânica;</li><li>- Distinguir os diferentes materiais expelidos durante a atividade vulcânica;</li><li>- Identificar as características da erupção vulcânica efusiva.</li></ul>	
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Análise e interpretação de documentos audiovisuais;</li><li>- Autonomia;</li><li>- Comunicação;</li><li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação.</li></ul>	
<b>Estratégias/Atividades</b>		
<b>Antes da aula</b>		
- Os alunos respondem a um Formulário do Google para a professora identificar as concepções alternativas.		
<b>Opção 1 (Videoconferência)</b>		
<b>(10 minutos)</b>		
- Introdução ao <i>site</i> e apresentação das formas de comunicação (e-mail ou formulário do <i>site</i> ).		
<b>(40 minutos)</b>		
- Aula com recurso ao PowerPoint (aula 1) e à estratégia de questionamento.		
- Existem momentos de <i>Checkpoint</i> , onde os alunos resumem o que foi aprendido até ao momento.		
<b>Opção 2 (Para os alunos que não conseguirem estar presentes na videoconferência)</b>		
- Os alunos recebem as orientações sobre como navegar no <i>site</i> e como recorrer às formas de comunicação através do e-mail.		
- Os alunos assistem à vídeo-aula 1 e enviam as dúvidas para o e-mail.		
<b>Recursos</b>	<b>Avaliação formativa</b>	<b>Instrumento de recolha de dados</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- PowerPoint (aula 1);</li><li>- Formulário do Google;</li><li>- Ficha formativa;</li><li>- Vídeo-aula 1.</li></ul>	Observação livre. <b>Trabalho autónomo após a aula:</b> Exercício 2 da Ficha Formativa (tempo previsto para a realização: 3 minutos).	<ul style="list-style-type: none"><li>- Questionário sobre os recursos informáticos.</li><li>- Questionário diagnóstico sobre a unidade do vulcanismo.</li></ul>



## Apêndice A2 – Planificação aula 2 e 3

<b>Data:</b> <b>05/05/2020–</b> <b>11/05/2020</b>	<b>Sumário:</b> Atividade experimental: Fatores que influenciam a viscosidade da lava - Qual a influência da temperatura e do conteúdo em sílica na viscosidade da lava?	
<b>Aula assíncrona</b>	<b>Plataformas:</b> Site vulcanismo10ano; Youtube	
<b>Conceitos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Lava;</li><li>- Viscosidade;</li><li>- Temperatura;</li><li>- Sílica.</li></ul>	
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Classificar a lava de acordo a sua viscosidade;</li><li>- Compreender a influência da temperatura e do conteúdo em sílica na viscosidade da lava;</li><li>- Distinguir magma de lava.</li></ul>	
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Análise e interpretação de documentos escritos e audiovisuais;</li><li>- Autonomia;</li><li>- Formulação de hipóteses;</li><li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação.</li><li>-Transformação de informação em conhecimento.</li></ul>	
<b>Estratégias/Atividades</b>		
<b>(100 minutos)</b> <b>Atividade experimental sobre a viscosidade da lava</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Os alunos assistem à vídeo-aula 2 e 3 sobre a influência da temperatura e do conteúdo em sílica na viscosidade da lava.</li><li>- Elaboração do relatório sobre a atividade experimental sobre a viscosidade da lava.</li></ul>		
<b>Nota:</b> A professora está disponível durante todo o tempo para tirar dúvidas por email, por videochamada ou através do site.		
<b>Recursos</b>		<b>Avaliação sumativa</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Ficha da aula – Atividade experimental sobre a viscosidade da lava;</li><li>- Guião – orientações para o relatório;</li><li>- Video-aulas 2 e 3.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- Relatório sobre a atividade experimental sobre a viscosidade da lava.</li></ul> <b>Nota:</b> Para a realização destas atividades os alunos têm como auxílio das vídeo-aulas no canal do Youtube (estas vídeo-aulas também estão presentes no <i>site</i> ).

### Apêndice A3 – Planificação aula 4

<b>Data:</b> 06/05/2020- 07/05/2020	<b>Sumário:</b> Vulcanismo secundário.
<b>Aula assíncrona</b>	Site vulcanismo10ano; Youtube
<b>Conceitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fumarolas;</li> <li>- Geiser;</li> <li>- Lava;</li> <li>- Nascentes termais;</li> <li>- Vulcanismo primário e secundário;</li> </ul>
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguir os diferentes tipos de atividade vulcânica;</li> <li>- Compreender as manifestações de vulcanismo secundário;</li> <li>- Identificar exemplos de aproveitamento de energia geotérmica.</li> </ul>
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise e interpretação de documentos escritos e audiovisuais.</li> <li>- Autonomia.</li> <li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação.</li> </ul>
<b>Estratégias/Atividades</b>	
<p><b>(50 minutos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos assistem à vídeo-aula 4 e enviam as dúvidas para o e-mail ou anotam para as colocar na próxima aula síncrona;</li> <li>- Resolução do ex. 4 da ficha formativa.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> A professora está disponível durante todo o tempo para tirar dúvidas por email, por videochamada ou através do site.</p>	
<b>Recursos</b>	<b>Avaliação formativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PowerPoint (aula 4);</li> <li>- Ficha formativa;</li> <li>- Vídeo-aula 4.</li> </ul>	<p><b>Trabalho autónomo após a aula:</b></p> <p>Exercício 4 da Ficha Formativa (tempo previsto para a realização: 10 minutos).</p>

### Apêndice A4 – Planificação aula 5 e 6

<b>Data:</b> <b>08/05/2020</b>	<b>Sumário:</b> Erupção vulcânica explosiva; Vulcões e as placas tectónicas. Atividade Google Earth Pro: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon.
<b>Aula síncrona</b>	<b>Plataformas:</b> Site vulcanismo10ano; Zoom; Youtube; <i>Google Earth Pro</i>
<b>Conceitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agulhas vulcânicas;</li> <li>- Atóis;</li> <li>- Domos ou cúpulas;</li> <li>- Erupção efusiva;</li> <li>- Erupção explosiva;</li> <li>- Lava;</li> <li>- Nuvens ardentes ou escoadas piroclásticas;</li> <li>- Vulcanismo interplacas;</li> <li>- Vulcanismo intraplaca;</li> </ul>
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguir os diferentes tipos de erupção vulcânica;</li> <li>- Distinguir os diferentes materiais expelidos durante a atividade vulcânica;</li> <li>- Identificar as características da erupção vulcânica explosiva;</li> <li>- Localizar a atividade vulcânica no planeta Terra;</li> <li>- Localizar e caracterizar nas placas tectónicas os diferentes tipos de vulcanismo;</li> <li>- Problematizar sobre a distribuição geográfica dos vulcões.</li> </ul>
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise e interpretação de documentos audiovisuais e escritos;</li> <li>- Autonomia;</li> <li>- Comunicação;</li> <li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação.</li> </ul>
<b>Estratégias/Atividades</b>	
<b>Opção 1 (Videoconferência)</b>	
<b>(50 minutos)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correção dos exercícios 2 e 4 da ficha formativa;</li> <li>- Esclarecimento de dúvidas da aula 4 (assíncrona);</li> <li>- Aula com recurso ao PowerPoint (aula 5 e 6) e à estratégia de questionamento;</li> <li>- Existem momentos de <i>Checkpoint</i>, onde os alunos resumem o que foi aprendido até ao momento.</li> </ul>	
<b>(50 minutos)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploração da aplicação <i>Google Earth Pro</i> e resolução da atividade: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon.</li> </ul>	
<b>Opção 2 (Para os alunos que não conseguirem estar presentes na videoconferência)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos assistem à vídeo-aula 5 e 6 e realizam autonomamente a atividade do <i>Google Earth Pro</i> com os recursos disponível. Podem sempre enviar as dúvidas para o e-mail.</li> </ul>	
<b>Recursos</b>	<b>Avaliação formativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PowerPoint (aula 5 e 6);</li> <li>- Ficha formativa;</li> <li>- Vídeo-aula 5 e 6</li> <li>- Ficha da aula - Atividade do <i>Google Earth Pro</i>;</li> </ul>	Observação livre.  <b>Trabalho autónomo após a aula:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exercício 1 e 3 da Ficha Formativa (tempo previsto para a realização: 10 minutos).</li> <li>- Enviar para o email a Atividade Google Earth Pro: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon.</li> </ul>

### Apêndice A5 – Planificação aula 7 e 8

<b>Data:</b> <b>12/08/2020</b>	<b>Sumário:</b> Introdução ao exercício de tomada de decisão: <i>Por que vive a população de Chã de Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i>	
<b>Aula síncrona</b>	Site vulcanismo10ano; Zoom; Youtube; <i>Google</i> Formulários	
<b>Conceitos</b>	Erupção efusiva; Erupção explosiva; Erupção mista; Lava; Mitigação de riscos vulcânicos; Placas tectónicas; Viscosidade; Vulcanismo central e fissural; Vulcanismo intraplaca; Vulcão.	
<b>Objetivos específicos</b>	- Compreender a controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i>	
<b>Competências</b>	- Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais; - Compreensão de informações de natureza científica e humanística; - Comunicação.	
<b>Estratégias/Atividades</b>		
<b>(70 minutos)</b>		
<b>Opção 1 (Videoconferência)</b>		
<b>(40 minutos)</b>		
- Correção dos exercícios 1 e 3 da ficha formativa; - Introdução ao exercício de tomada de decisão: <i>Por que vive a população de Chã de Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i> e ao desafio: Identificação das populações em risco em Chã das Caldeiras e tomada de decisão sobre a sua eventual deslocação para outra região.		
<b>(20 minutos)</b>		
- Questionário individual sobre a controvérsia sociocientífica no <i>Google</i> Formulários.		
<b>(10 minutos)</b>		
- Apresentação da ficha do exercício de tomada de decisão, constituição dos grupos e atribuição dos temas aos especialistas. - Explicação das etapas e dos momentos de avaliação do exercício de tomada de decisão.		
<b>Opção 2 (Para os alunos que não conseguirem estar presentes na videoconferência)</b>		
- Os alunos assistem à vídeo-aula 7 e 8. - Respondem ao questionário individual sobre a controvérsia sociocientífica no <i>Google</i> Formulários.		
<b>Nota:</b> A professora está disponível durante todo o tempo para tirar dúvidas por email, por videochamada ou através do site.		
<b>Recursos</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Instrumento de recolha de dados</b>
- Ficha do exercício de tomada de decisão; - Vídeo-aula 7 e 8.	Observação livre.	Questionário individual sobre a controvérsia sociocientífica apresentada no <i>Google</i> Formulários.

## Apêndice A6 – Planificação aula 9, 10, 11 e 12

<b>Data:</b> 12/05/2020- 22/05/2020	<b>Sumário:</b> Exploração da ilha do Fogo no <i>Google Earth</i> ; Investigação dos especialistas.
<b>Aula assíncrona</b>	Site vulcanismo10ano; Youtube: <i>Google Earth Online</i>
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender a controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i></li> <li>- Investigar o vulcanismo do arquipélago de Cabo Verde e da ilha do Fogo;</li> <li>- Explorar o arquipélago de Cabo Verde e da ilha do Fogo no <i>Google Earth Pro</i> (vídeo) e no <i>Google Earth Online</i>.</li> <li>- Selecionar e interpretar informação relevante para a investigação de cada tema;</li> </ul>
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais;</li> <li>- Autonomia;</li> <li>- Cooperação e colaboração com os colegas;</li> <li>- Compreensão de informações de natureza científica e humanística;</li> <li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação;</li> <li>- Pesquisa e síntese de informação;</li> <li>- Transformação de informação em conhecimento.</li> </ul>
<b>Estratégias/Atividades</b>	
<p><b>(200 minutos)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Trabalho autónomo para a 2 e 3ª semana</b></p> <p><b>Atividade 1: <i>Google Earth</i> - estudo da atividade vulcânica da ilha do Fogo, Cabo Verde.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Os alunos assistem à vídeo-aula onde a professora explora a aplicação <i>Google Earth Pro</i> para resolverem o exercício 1.1.</li> <li>- Os alunos, através da aplicação <i>Google Earth Online</i>, exploraram virtualmente a ilha do Fogo e fazem um registo fotográfico das suas descobertas (exercício 1.2.).</li> </ul> <p><b>Atividade 3: Investigação do especialista</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada especialista fica responsável pela investigação do seu tema recorrendo aos recursos facultados e à pesquisa na internet.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> A professora está disponível durante todo o tempo para tirar dúvidas por email, por videochamada ou através do site.</p>	
<b>Recursos</b>	<b>Avaliação sumativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficha do exercício de tomada de decisão;</li> <li>- Vídeo-aula 7 e 8.</li> <li>- Vídeo-aula: exploração do arquipélago de Cabo Verde no <i>Google Earth Pro</i>;</li> <li>- Guião <i>Google Earth online</i>.</li> <li>- Recursos para cada tema.</li> </ul>	<p><b>Atividade 1 <i>Google Earth</i> - estudo da atividade vulcânica da ilha do Fogo, Cabo Verde:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conclusões do estudo do enquadramento geográfico e tectónico das ilhas de Cabo Verde.</li> <li>- Registo fotográfico da exploração virtual da ilha do Fogo, Cabo Verde através da aplicação <i>Google Earth Pro</i>.</li> </ul> <p><b>Atividade 3:</b> Investigação do especialista.</p>

## Apêndice A7 – Planificação aula 13

<b>Data:</b> <b>15/05/2020</b>	<b>Sumário:</b> Formação de tsunamis devido a deslizamento de vertentes de vulcões. Reunião com os especialistas de cada grupo. Análise de mapas de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo e Pico Pequeno.	
<b>Aula assíncrona</b>	Site vulcanismo10ano; Youtube; <i>Google Earth</i>	
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compreender como se formam tsunamis através do deslizamento de vertentes de vulcões;</li><li>- Compreender como se formaram tsunamis e as suas consequências na Ilha do Fogo e na Ilha de Santiago.</li><li>- Compreender a controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i></li><li>- Investigar o vulcanismo do arquipélago de Cabo Verde e da Ilha do Fogo;</li><li>- Selecionar e interpretar informação relevante para a investigação de cada tema;</li><li>- Analisar mapas de perigosidade.</li></ul>	
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais;</li><li>- Autonomia;</li><li>- Compreensão de informações de natureza científica e humanística;</li><li>- Comunicação;</li><li>- Cooperação e colaboração com os colegas;</li><li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação;</li><li>- Pesquisa e síntese de informação;</li><li>- Transformação de informação em conhecimento.</li></ul>	
<b>Estratégias/Atividades</b>		
<b>(3 sessões x 50 minutos)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Aula com recurso ao PowerPoint (aula 13) na plataforma <i>Zoom</i>.</li><li>- Reunião para esclarecimento das dúvidas com cada grupo de especialistas (3 reuniões).</li><li>- Realização, em conjunto da <b>atividade 2</b>: Análise dos mapas de perigosidade para os cenários do Pico do Fogo e Pico Pequeno.</li></ul>		
<b>Recursos</b>		<b>Avaliação</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Ficha do exercício de tomada de decisão.</li><li>- <i>PowerPoint</i>: Tsunamis</li></ul>		Observação livre.

## Apêndice A8 – Planificação aula 14

<b>Data:</b> 22/05/2020	<b>Sumário:</b> Minimização de riscos vulcânicos – previsão e prevenção. Início das atividades 4: Tomada de decisão e estruturação dos argumentos e atividade 5: <i>Podcasts</i> .	
<b>Aula síncrona</b>	Site vulcanismo10ano; Zoom; PowerPoint.	
<b>Conceitos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Perigosidade vulcânica;</li><li>- Exposição;</li><li>- Capacidade de resiliência;</li><li>- Risco vulcânico;</li><li>- Sinais precursores da atividade vulcânica;</li><li>- Mitigação do risco vulcânico;</li><li>- Vulcão-escudo;</li><li>- Estratovulcão.</li></ul>	
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Identificar os sinais precursores da atividade vulcânica;</li><li>- Identificar medidas de mitigação do risco vulcânico;</li><li>- Discutir a eficácia de medidas de mitigação de risco vulcânico na Ilha do Fogo;</li><li>- Discutir os conceitos de vulcão-escudo e estratovulcão para classificar o vulcão Monte-Amarelo;</li><li>- Compreender a controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i></li><li>- Compreender como tomar a decisão em grupo;</li><li>- Compreender como gravar o <i>podcast</i> no PowerPoint.</li></ul>	
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Autonomia;</li><li>- Comunicação;</li><li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação.</li></ul>	
<b>Estratégias/Atividades</b>		
<b>(50 minutos)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Aula com recurso ao PowerPoint (aula 14) na plataforma Zoom.</li><li>- Introdução à atividade 4: Tomada de decisão em grupo e atividade 5: <i>Podcast</i>.</li><li>- Demonstração de como utilizar o PowerPoint para gravar o <i>podcast</i>.</li><li>- Esclarecimento de dúvidas.</li></ul>		
<b>Nota:</b> A professora está disponível durante todo o tempo para tirar dúvidas por email, por videochamada ou através do site.		
<b>Recursos</b>		<b>Avaliação</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Ficha de exercício de tomada de decisão;</li><li>- Guião: Como construir um <i>podcast</i>?</li><li>- PowerPoint (aula 14)</li></ul>		Observação livre

## Apêndice A9 – Planificação aula 15, 16 e 17

<b>Data:</b> 22/05/2020 – 01/05/2020	<b>Sumário:</b> Tomada de decisão e estruturação dos argumentos. Preparação dos <i>podcasts</i> .
<b>Aula assíncrona</b>	Site vulcanismo10ano; Zoom; PowerPoint.
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compreender a controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i></li> <li>- Interpretar as informações recolhidas sobre o vulcanismo da ilha do Fogo e sobre as dimensões da controvérsia apresentada;</li> <li>- Integrar os conhecimentos de matriz científica e humanística para a tomada de decisão;</li> <li>- Construir argumentos válidos que suportem a decisão tomada sobre a mobilização das populações em risco em Chã das Caldeiras;</li> <li>- Descrever uma proposta alternativa e contra-argumentar;</li> <li>- Construir um recurso educativo, destinado à população de Chã das Caldeiras, para esta compreender melhor a atividade vulcânica da ilha do Fogo;</li> <li>- Ter uma atitude pró-ambiental sobre a distribuição geográfica e a sustentabilidade de populações mais vulneráveis.</li> </ul>
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Argumentação de forma informada;</li> <li>- Avaliação do impacto das suas decisões;</li> <li>- Autonomia;</li> <li>- Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões;</li> <li>- Compreensão de informações de natureza científica e humanística;</li> <li>- Comunicação;</li> <li>- Cooperação e colaboração com os colegas;</li> <li>- Criação de soluções a partir da interação com os outros;</li> <li>- Criação de produtos;</li> <li>- Interação com tolerância, empatia e responsabilidade;</li> <li>- Interpretação, planeamento e integração de informações para a tomada de decisões;</li> <li>- Manipulação das tecnologias de informação e comunicação;</li> <li>- Síntese de informação.</li> </ul>
<b>Estratégias/Atividades</b>	
<p><b>(150 minutos)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Trabalho em grupo para a 4ª semana</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada especialista partilha as suas sínteses com os colegas do grupo de decisão e tira as dúvidas que possam surgir.</li> <li>- <b>Atividade 4:</b> Tomada de decisão em grupo.</li> <li>- <b>Atividade 5:</b> <i>Podcast</i>.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> A professora está disponível durante todo o tempo para tirar dúvidas por email, por videochamada ou através do site.</p>	
<b>Recursos</b>	<b>Avaliação sumativa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficha de exercício de tomada de decisão;</li> <li>- Guião: Como construir um <i>podcast</i>?</li> </ul>	<p><b>Atividade 4:</b> Tomada de decisão em grupo.</p> <p><b>Atividade 5:</b> <i>Podcast</i>.</p>



## Apêndice A10 – Planificação aula 18

<b>Data:</b> <b>29/05/2020</b>	<b>Sumário:</b> Discussão da controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i> Reflexão sobre o exercício de tomada de decisão.	
<b>Aula síncrona</b>	Site vulcanismo10ano; Zoom	
<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compreender a controvérsia sociocientífica apresentada: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i></li><li>- Integrar os conhecimentos de matriz científica e humanística para a tomada de decisão;</li><li>- Construir argumentos válidos que suportem a decisão tomada sobre a mobilização das populações em risco em Chã das Caldeiras;</li><li>- Analisar outras decisões válidas para a controvérsia, sendo capaz de contra-argumentar;</li><li>- Contribuir para a discussão da controvérsia sociocientífica através da mobilização dos conhecimentos científicos e os valores humanísticos;</li></ul>	
<b>Competências</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Argumentação de forma informada;</li><li>- Avaliação do impacto das suas decisões;</li><li>- Autonomia;</li><li>- Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões;</li><li>- Compreensão de informações de natureza científica e humanística;</li><li>- Comunicação;</li><li>- Cooperação e colaboração com os colegas;</li><li>- Criação de soluções a partir da interação com os outros ou da reflexão pessoal;</li><li>- Interação com tolerância, empatia e responsabilidade;</li><li>- Interpretação, planeamento e integração de informações para a tomada de decisões.</li></ul>	
<b>Estratégias/Atividades</b>		
<b>(50 minutos)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Discussão sobre a controvérsia sociocientífica apresentada tendo em conta a questão: <i>Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?</i> e de acordo com o desafio proposto aos alunos: Identificação das populações em risco em Chã das Caldeiras e tomada de decisão sobre a sua eventual deslocação para outra região.</li><li>- Reflexão sobre o exercício de tomada de decisão e sobre as decisões dos alunos.</li></ul>		
<b>Recursos</b>	<b>Avaliação sumativa</b>	<b>Instrumento de recolha de dados</b>
- Ficha de exercício de tomada de decisão;	<b>Atividade 6:</b> Discussão da controvérsia sociocientífica;	<ul style="list-style-type: none"><li>- Observações naturalista realizada por dois alunos do mestrado em ensino.</li><li>- Ficha de auto- e heteroavaliação.</li><li>- Questionário final da intervenção</li></ul>

## Apêndice B

### Site construído para a intervenção



Figura 1B Página inicial do site.

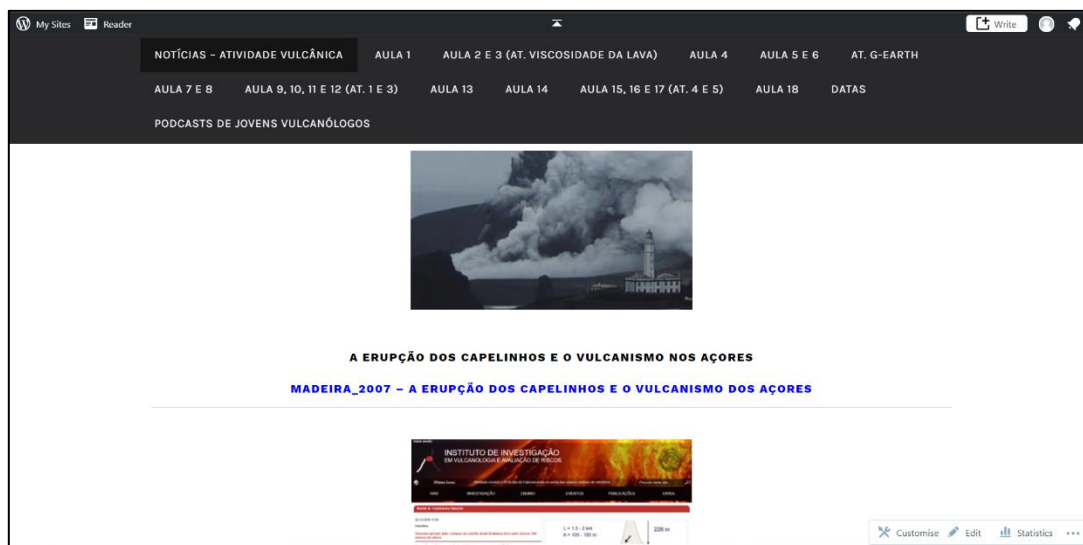


Figura 2B Página de notícias sobre a atividade vulcânica no mundo.



Figura 3B Página da aula 2 e 3 com a secção do sumário e dos recursos para os alunos.



Figura 4B Página da aula 2 e 3 com a secção dos recursos para os alunos com todos os ficheiros e a vídeo-aula.



Figura 5B Página da aula 2 e 3 com a secção das datas de entrega, as grelhas de avaliação e a planificação da aula.

NOTÍCIAS - ATIVIDADE VULCÂNICA AULA 1 AULA 2 E 3 (AT. VISCOSIDADE DA LAVA) AULA 4 AULA 5 E 6 AT. G-EARTH

AULA 7 E 8 AULA 9, 10, 11 E 12 (AT. 1 E 3) AULA 13 AULA 14 AULA 15, 16 E 17 (AT. 4 E 5) AULA 18 DATAS

PODCASTS DE JOVENS VULCANÓLOGOS

## DATAS

### 1ª SEMANA

Faz o download da planificação da primeira semana: [Planificação 1 semana](#)

		Data	Sumário	Avaliação
Aula síncrona	Aula 1	05/05/2020 Terça-feira	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Início do estudo do vulcanismo</li> <li>– Vulcanismo primário e secundário.</li> <li>– Erupção etíope.</li> </ul>	A medida que vão fazendo os exercícios da ficha formativa enviam a resolução para o e-mail.
Aula assíncrona	Aula 2 e 3	05/maio 11/maio	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Atividade experimental sobre a viscosidade da lava</li> </ul>	
	Aula 4	06/05/2020 Quarta-feira	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vulcanismo secundário</li> </ul>	
	Aula 5 e 6	08/05/2020 Sexta-feira	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erupção vulcânica explosiva</li> <li>– Vulcões e as placas tectónicas.</li> </ul>	
	Aula 7	11/05/2020 Segunda-feira	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Atividade Google Earth Pro: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon.</li> </ul>	Dia 11/05/2020 <ul style="list-style-type: none"> <li>– Entrega do relatório: atividade experimental sobre a viscosidade da lava (avaliação formativa)</li> <li>– Ficha da atividade do Google Earth (avaliação formativa)</li> </ul>

Figura 6B Página com todas as datas de entrega dos trabalhos, sumários e as planificações semanais.

NOTÍCIAS - ATIVIDADE VULCÂNICA AULA 1 AULA 2 E 3 (AT. VISCOSIDADE DA LAVA) AULA 4 AULA 5 E 6 AT. G-EARTH

AULA 7 E 8 AULA 9, 10, 11 E 12 (AT. 1 E 3) AULA 13 AULA 14 AULA 15, 16 E 17 (AT. 4 E 5) AULA 18 DATAS

PODCASTS DE JOVENS VULCANÓLOGOS

## PROTECTED: PODCASTS DE JOVENS VULCANÓLOGOS

O governo de Cabo Verde pediu ajuda a jovens vulcanólogos para investigarem o vulcanismo da Ilha do Fogo, Cabo Verde. Tinham como objetivos aprenderem sobre o vulcanismo da Ilha do Fogo, investigarem a atividade vulcânica do vulcão do Pico do Fogo e a população que vive ao lado deste vulcão ativo, a população de Chã das Caldeiras. Foram desafiados a identificarem as populações em risco em Chã das Caldeiras e decidirem sobre a sua eventual deslocação para outra região.

Estes jovens vulcanólogos tentaram compreender:

“Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?”

As suas descobertas foram documentadas no formato de podcast.

Podcast A - Reportagem a Chã das Caldeiras

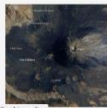
Figura 7B Página com os *podcasts* dos alunos (a página está protegida por uma palavra-passe).

NOTÍCIAS - ATIVIDADE VULCÂNICA AULA 1 AULA 2 E 3 (AT. VISCOSIDADE DA LAVA) AULA 4 AULA 5 E 6 AT. G-EARTH

AULA 7 E 8 AULA 9, 10, 11 E 12 (AT. 1 E 3) AULA 13 AULA 14 AULA 15, 16 E 17 (AT. 4 E 5) AULA 18 DATAS

PODCASTS DE JOVENS VULCANÓLOGOS

Podcast A - Reportagem a Chã das Caldeiras

 Ana Abrantes  
Podcast A - Reportagem  
21

Podcast B - Reportagem a Chã das Caldeiras

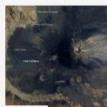
 Ana Abrantes  
Podcast B - Entrevista A Dois Cientistas  
10

Figura 8B Página com os *podcasts* dos alunos integrados através da aplicação *SoundCloud*.

## Apêndice C

### Questionário diagnóstico

1) Como se formam os vulcões?

**Tópico 1** - Os vulcões formam-se através da acumulação de camadas de lava e de materiais sólidos libertados durante as erupções vulcânicas

**Tópico 2** - nos limites das placas tectónicas (divergentes e convergentes)

**Tópico 3** - ou em zonas intraplaca através da ascensão de plumas térmicas.

2) Qual a diferença entre magma e lava?

**Tópico 1** – O magma é um material rochoso, total ou parcialmente, fundido (constituído por uma fase sólida, uma fase líquida e uma fase gasosa)

**Tópico 2** - e que se encontra abaixo da superfície da terra.

**Tópico 3** - A lava é o termo usado quando o magma atinge a superfície terrestre e entra em contacto com o ar ou a água.

3) Como se manifesta a atividade vulcânica?

**Tópico 1** - A atividade vulcânica manifesta-se através do vulcanismo primário/erupções vulcânicas associadas a vulcões ou riftes

**Tópico 2** - e do vulcanismo secundário associado à libertação de água e/ou gases a temperaturas elevadas.

4) A figura 1 representa um vulcão? Justifique.



Figura 1. Kilauea

**Tópico 1** - Sim, pois apesar de o aparelho vulcânico não ser exuberante é possível observar uma cratera vulcânica

**Tópico 2** - através da qual estão a ser libertados gases.

5) A figura 2 representa um vulcão? Justifique.



Figura 2. Mayon

**Tópico 1** - Sim, pois é possível observar um aparelho vulcânico e

**Tópico 2** - a cratera.

6) Todos os vulcões têm a mesma forma? Justifique.

**Tópico 1** - Não, a forma dos vulcões é variável e depende do tipo de erupção vulcânica subjacente à sua formação.

**Tópico 2** – Existem vulcões com um aparelho vulcânico cônico exuberante (estratovulcões) e outros com vertentes de declives muito pouco acentuados (vulcões escudo).

(**Tópico 3** – As fissuras vulcânicas também podem ser consideradas vulcões.)

7) Qual a relação entre a distribuição dos vulcões e as placas tectónicas?

**Tópico 1** - A maior parte dos vulcões situam-se nos limites das placas tectónicas (divergentes e convergentes).

**Tópico 2** - No entanto, alguns vulcões ocorrem também no interior de placas tectónicas.

8) Escreve tudo o que sabes sobre o vulcanismo e que não foi questionado anteriormente!

Livre.



## Apêndice D

### Exemplo de um PowerPoint



## Fumarolas

Vídeo 4

<https://www.youtube.com/watch?v=Aqti5yTuCeA>



## Vulcanismo secundário

**Fumarolas:** Libertação de vapor de água a elevadas temperaturas.

E quando não há apenas libertação de vapor de água?



**Sulfataras:**  
Vapor de água e enxofre.



**Mofetas:** Vapor de água e gases tóxicos ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CO}$ )



5

## Géiser

Vídeo 5

[https://www.youtube.com/watch?v=hVJwl\\_gS2Mz](https://www.youtube.com/watch?v=hVJwl_gS2Mz)





## Vulcanismo secundário

**Géiseres:** Emissões de água e vapor de água através de fraturas.



## Nascentes termais

Imagem 6



## Vulcanismo secundário

**Nascentes termais:** Local de libertação de águas quentes ricas em sais minerais.

Como se formam?

Arrefecimento e condensação do vapor de água libertado do magma – **águas magmáticas ou juvenis**

OU

Infiltração e acumulação de água da chuva em rochas porosas perto de câmaras magmáticas.



## Vantagens de viver ao lado de um vulcão



Utilização agrícola pois os terrenos são mais férteis devido à deposição de cinzas vulcânicas



Exploração de recursos minerais (ex. enxofre)



Turismo



Aproveitamento da energia geotérmica

## Aproveitamento da energia geotérmica

- exemplos

Entre 50° a 150° C	Entre 150° a 370° C
Não se realiza a conversão de energia (água utilizada diretamente na fonte).	Realiza-se a conversão de energia.
 <p>Balneoterapia/termalismo</p>	 <p>Eletricidade</p>

11

## Aproveitamento da energia geotérmica

- exemplos

Entre 50° a 150° C	Entre 150° a 370° C
Não se realiza a conversão de energia (água utilizada diretamente na fonte).	Realiza-se a conversão de energia.
 <p>Confeção de alimentos</p>	 <p>Eletricidade</p>

12

## Aproveitamento da energia geotérmica

- exemplos

<b>Entre 50° a 150° C</b> Não se realiza a conversão de energia (água utilizada diretamente na fonte).	<b>Entre 150° a 370° C</b> Realiza-se a conversão de energia.
 Aquecimento	 Eletricidade

13

Checkpoint!



14

## Apêndice E

### Ficha formativa: vulcanismo

1. Leia, atentamente, a seguinte notícia.

#### **Notícia: Vulcão Popocatepetl em erupção (14-10-2019)**

Nos últimos dias, o vulcão mexicano Popocatepetl tem sido palco de vários episódios eruptivos explosivos, emitindo cinzas e gases que atingiram mais de 2 km de altura acima da cratera.

As autoridades nacionais (Coordinación Nacional de Protección Civil) elevaram o estado de alerta para o nível 2 (amarelo), que incita a população a não se aproximar do vulcão. Foi estabelecido um raio de segurança de 12 km em torno do vulcão.

Notícia retirada do site do Instituto de Investigación en Vulcanología e Avaliação de Riscos:

<http://www.ivar.azores.gov.pt/noticias/Paginas/20191004-popocatepetl.aspx?IsDlg=1&iframe=true&width=1008&height=100%>

1.1. De acordo com a notícia o tipo de vulcanismo do Vulcão Popocatepetl é:

- (A) Vulcanismo primário do tipo central
- (B) Vulcanismo primário do tipo fissural
- (C) Vulcanismo secundário do tipo central
- (D) Vulcanismo secundário do tipo fissural

1.2. As lavas das erupções vulcânicas explosivas são \_\_\_\_ (1) \_\_\_\_ o que \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_ a libertação de \_\_\_\_ (3) \_\_\_\_.

- (A) Fluidas; facilita; piroclastos
- (B) Viscosas; dificulta; gases
- (C) Fluidas; facilita; gases
- (D) Viscosas; dificulta; piroclastos

1.3. O vulcão Popocatepetl localiza-se perto de uma zona de subdução, entre uma placa oceânica e uma placa continental, onde ocorre a ascensão de magmas \_\_\_\_ (1) \_\_\_\_ que originam erupções \_\_\_\_ (2) \_\_\_\_.

- (A) Viscosos; explosivas.
- (B) Viscosos; efusivas;
- (C) Fluidos; explosivas;
- (D) Fluidos; efusivas

1.4. A formação de domos e agulhas vulcânicas está associado a lavas \_\_\_\_ (1) \_\_\_\_.

- (A) Muito silicatadas e de composição básica.
- (B) Pouco silicatadas e de composição básica.
- (C) Muito silicatadas e de composição ácida.
- (D) Pouco silicatadas e de composição ácida.

1.5. Classifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações. Justifique as falsas.

- (A) A erupção do vulcão Popocatepetl pode ter originado lavas encordoadas. \_\_\_\_
- (B) A erupção do vulcão Popocatepetl pode originar nuvens ardentes. \_\_\_\_
- (C) A morfologia do vulcão está diretamente relacionada com o tipo de atividade vulcânica, pelo que o declive do vulcão Popocatepetl é acentuado. \_\_\_\_
- (D) Durante uma erupção vulcânica explosiva formam-se grandes escoadas lávicas devido à elevada viscosidade da lava. \_\_\_\_

1.6. Associe os conceitos da coluna I às definições da coluna II.

Coluna I	Coluna II
<p>A. <i>Pillow Lava</i></p> <p>B. Domo</p> <p>C. Nuvem ardente</p> <p>D. Lapilli</p> <p>E. Cinzas vulcânicas</p> <p>F. Lavas encordoadas ou <i>pahoehoe</i></p> <p>G. Agulhas vulcânicas</p> <p>H. Lavas escoriáceas ou <i>aa</i></p> <p>I. Bomba vulcânica</p>	<p>1. Material piroclástico de dimensões muito finas que pode ser transportado pelo vento.</p> <p>2. Escoadas de material lávico muito fluido que ao solidificar apresenta um aspeto semelhante a cordas.</p> <p>3. Material piroclástico que pode pesar quilos.</p> <p>4. Estrutura que resulta da solidificação de lava viscosa na chaminé de um vulcão.</p> <p>5. Escoadas de material lávico fluido que ao solidificar apresenta um aspeto de superfícies ásperas.</p> <p>6. Mistura de gases e piroclastos a uma temperatura elevada.</p> <p>7. Escoadas de material lávico que solidificam dentro de água.</p> <p>8. Estrutura que resulta da solidificação de lava viscosa na cratera de um vulcão.</p> <p>9. Material piroclástico de pequenas dimensões muito fragmentado.</p>

A: \_\_\_\_ B: \_\_\_\_ C: \_\_\_\_ D: \_\_\_\_ E: \_\_\_\_ F: \_\_\_\_ G: \_\_\_\_ H: \_\_\_\_ I: \_\_\_\_

2. A Lagoa das Sete Cidades localiza-se na Ilha de São Miguel nos Açores. A formação da lagoa ocorreu após a formação da caldeira.

Explique como se formou a Lagoa das Sete Cidades.



Figura 55 Lagoa das Sete Cidades, Ilha de São Miguel



3. Observe a figura 2 e leia o enquadramento geotectónico do arquipélago dos Açores.

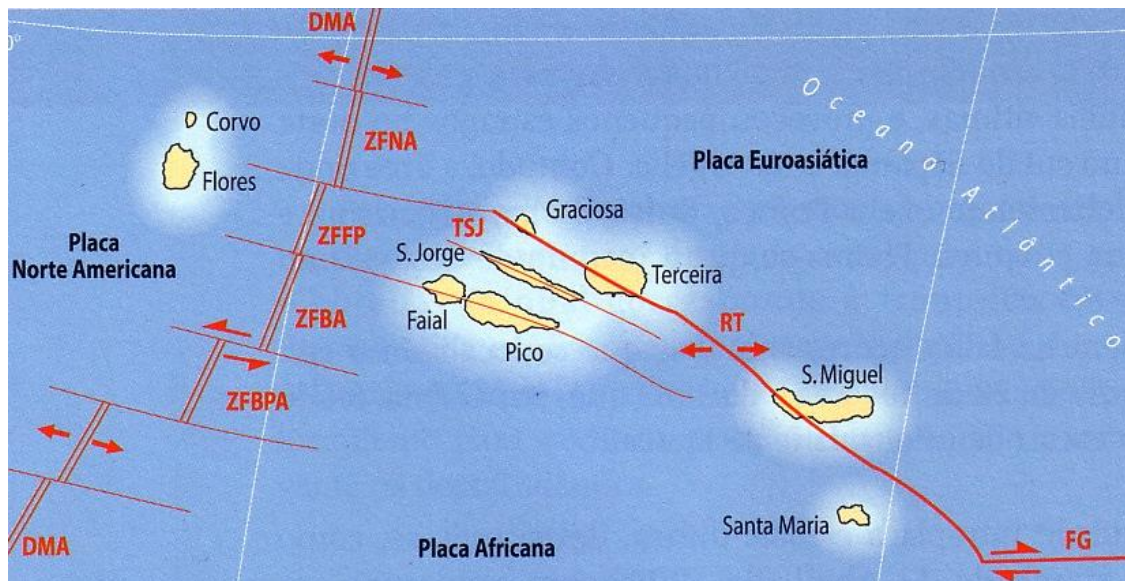


Figura 56 Enquadramento geotectónico do arquipélago dos Açores.

O arquipélago dos Açores, com alinhamento oblíquo ONO-ESE, formou-se há 10 milhões de anos e localiza-se numa região geotectónica designada Junção Tripla. Nas ilhas açorianas existe vulcanismo central e fissural. Os vulcões do tipo central, poligénicos, resultam da acumulação dos produtos vulcânicos de diferentes erupções. Os sistemas fissurais ocorrem alinhados sobre fraturas ou falhas, originam pequenos edifícios vulcânicos monogenéticos (formados por uma só erupção) e caracterizam-se pela erupção de magmas básicos. A composição do magma dos vulcões centrais evoluiu ao longo do tempo desde magmas básicos a mais ácidos. Para além do tipo de vulcanismo associado aos limites onde se localiza o arquipélago, alguns autores consideram também que existe uma pluma térmica que potencia a elevada atividade vulcânica do arquipélago dos Açores.

Adaptado de Madeira (2007).

Madeira, J. (2007). A erupção dos Capelinhos e o Vulcanismo nos Açores. *Boletim do Núcleo Cultural da Horta*, 16, 29-44.

3.1. Estude o enquadramento geotectónico do arquipélago dos Açores através da análise do mapa da figura 1 e do texto. Relacione o enquadramento geotectónico do arquipélago dos Açores, nomeadamente a(s) placa(s) onde se localiza e os respetivos limites, com o tipo de vulcanismo associado à formação do arquipélago dos Açores.

4. Leia, atentamente, a seguinte notícia.

**Fumarolas: janelas para o interior da Terra - Açores**

As fumarolas (vulgarmente conhecidas como “caldeiras”) e as nascentes termais e de água gasocarbónica constituem as emissões visíveis destes fenómenos de desgaseificação e são, sem dúvida, imagens de marca das nossas ilhas com grande interesse turístico. Para além de atração turística, as fumarolas podem fornecer informações preciosas sobre os processos que ocorrem no interior da Terra e têm sido alvo de vários estudos científicos por parte dos investigadores do IVAR (Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos da Universidade dos Açores) e do CIVISA (Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores). As fumarolas dos Açores apresentam temperaturas máximas próximas de 100 °C e os principais gases libertados são o vapor de água (mais de 90% dos gases), o dióxido de carbono e o sulfureto de hidrogénio, este último responsável pelo cheiro particular a enxofre reconhecido pela população. Podem-se medir também em quantidades menores o hidrogénio, o hélio, o oxigénio, o árgon, o metano, o azoto, o monóxido de carbono e o radão. Os estudos desenvolvidos ao longo das últimas décadas têm tido ampla aplicação, nomeadamente:

- Na monitorização dos vulcões ativos;
- Na deteção de eventuais gases tóxicos;
- Na quantificação dos gases emitidos para a atmosfera;
- Na exploração dos recursos geotérmicos;
- Na compreensão dos processos da origem da Vida na Terra.

Adaptado de: [https://noticias.uac.pt/wp-content/uploads/2018/10/UAciencia\\_07-10-2018.pdf](https://noticias.uac.pt/wp-content/uploads/2018/10/UAciencia_07-10-2018.pdf)

4.1. Indique o tipo de vulcanismo descrito na notícia. Justifique.

4.2. Associe os conceitos da coluna I às definições da coluna II.

Coluna I	Coluna II
A. Mofetas B. Nascentes termais C. Sulfataras D. Géiser	1. Local onde ocorrem emissões de água e vapor de água através de fraturas. 2. Local de libertação de vapor de água e gases tóxicos a elevadas temperaturas. 3. Local de libertação de águas quentes ricas em sais minerais. 4. Local de libertação de vapor de água e de enxofre a elevadas temperaturas.

A: \_\_\_\_\_ B: \_\_\_\_\_ C: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

4.3. Refira três exemplos de atividades que podem resultar do aproveitamento do calor de fenómenos de vulcanismo secundário.

## Apêndice F

### Ficha atividade experimental sobre a viscosidade da lava

#### Ficha atividade experimental - Viscosidade da lava

Nome:

Nº:

**Atividade experimental:** Qual a influência da temperatura e do conteúdo em sílica na viscosidade da lava?

#### - Introdução:

Perguntas orientadoras:

- O que é o magma?
- O que é a lava?
- Que fatores influenciam a viscosidade da lava?
- Classifique a lava em função da sua viscosidade e descreva de que forma os fatores influenciam a sua viscosidade.

#### Hipótese

Temperatura:

Conteúdo em sílica:

#### Materiais:

- Mel (simulação da lava)
- Lamparina
- Açúcar (simulação da sílica)
- Suporte de tubos de ensaio
- Tubos de ensaio
- Tampas para tubos de ensaio
- Pinças de madeira para tubos de ensaio
- Estrutura inclinada com divisória para os tubos de ensaio
- Balança
- Varetas
- Cronómetro
- Régua



## Protocolo Experimental

**Fator:** Temperatura

- 1- Etiquetar dois tubos de ensaio com a informação “controlo” e “com aquecimento”.
- 2- Traçar duas linhas nos tubos de ensaio para definir a distância a ser percorrida pelo mel.
- 3- Adicionar a mesma quantidade de mel a 2 tubos de ensaio com a ajuda de uma vareta.
- 4- Aquecer na lamparina o tubo “com aquecimento” durante 10 segundos.
- 5- Colocar os dois tubos de ensaio no suporte, com pouca inclinação e com a abertura dos tubos de ensaio voltada para baixo.
- 6- Medir com o cronómetro, o tempo que a substância levou a percorrer a distância traçada.
- 7- Registrar os resultados obtidos.

**Fator:** Conteúdo em sílica (açúcar)

- 8- Etiquetar dois tubos de ensaio com a informação “controlo” e “com açúcar”.
- 9- Traçar duas linhas nos tubos de ensaio para definir a distância a ser percorrida pelo mel.
- 10- Adicionar a mesma quantidade de mel a 2 tubos de ensaio com a ajuda de uma vareta.
- 11- Adicionar 2 gramas de açúcar ao tubo de ensaio “com açúcar”.
- 12- Colocar os dois tubos de ensaio no suporte, com pouca inclinação e com a abertura dos tubos de ensaio voltada para baixo.
- 13- Medir com o cronómetro, o tempo que a substância levou a percorrer a distância traçada.
- 14- Registrar os resultados obtidos.

<p><u>Nota:</u> Não é viável variar os dois fatores em simultâneo</p>
---

**Fator:** Temperatura

Variável dependente

--

Variável independentes

--

**Fator:** Conteúdo em sílica (açúcar)

Variável dependente

--

Variável independentes

--

## Resultados

Registe os resultados obtidos. Não se esqueça de incluir os fatores analisados e as grandezas medidas (distância, tempo e velocidade).

## Discussão

## **Apêndice G**

**Guião com as orientações para o relatório**

# **Orientações para o relatório: Atividade experimental – Viscosidade da lava**

**O relatório desta atividade experimental deve conter:**

- Capa;
- Índice;
- Introdução:

### **Perguntas orientadoras:**

- O que é o magma?
- O que é a lava?
- Que fatores influenciam a viscosidade da lava?
- Classifique a lava em função da sua viscosidade e descreva de que forma os fatores influenciam a sua viscosidade.
- Hipóteses para os dois fatores em estudo;
- Procedimento experimental (está presente no guião da atividade experimental);
- Variáveis dependente e independente para os dois fatores em estudo;
- Resultados;
- Discussão;
- Referências.



**Bom trabalho!**

## Apêndice H

### Guião de utilização do *Google Earth Pro*

# Guião de utilização do *Google Earth Pro*

O *Google Earth Pro* é um programa que, recorrendo a imagens de satélites, reconstrói a superfície do planeta Terra. Através dos comandos presentes na interface *userfriendly* ou através do rato o utilizador consegue escolher o local do planeta Terra a explorar, aumentar ou diminuir as imagens, rodar o planeta, observar a superfície do planeta ao nível do solo (quando a opção se encontra disponível), criar marcadores nos locais desejados, gravar a visita, explorar imagens antigas, fazer medições de superfícies, criar e abrir ficheiros *kml*. É também possível explorar o universo, a Lua ou Marte.

Nas aulas vai utilizar duas funcionalidades da aplicação:

- 1) Ficheiros *.kml* para estudar a idade dos fundos oceânicos, as placas tectónicas e os vulcões no mundo;
- 2) A ferramenta que permite fazer um perfil de elevação.

## Comandos básicos

The image shows a screenshot of the Google Earth Pro application window. The main map displays a 3D view of Mount Mayon. Several interface elements are highlighted with red boxes and red arrows pointing to descriptive text boxes:

- Motor de busca:** A red box highlights the search bar in the top-left sidebar. A red arrow points from this box to a text box that says: "Motor de busca. Escreva o local a investigar e clique em “pesquisar”".
- Para rodar:** A red box highlights the right mouse button icon in the top-right toolbar. A red arrow points from this box to a text box that says: "Para rodar clique no botão direito do rato sem o largar. Largue quando estiver na região desejada."
- Mudança de perspectiva:** A red box highlights the perspective view button (a cube icon) in the top-right toolbar. A red arrow points from this box to a text box that says: "Mudança de perspectiva".
- Zoom in – Zoom:** A red box highlights the zoom in/out buttons (a vertical slider) in the top-right toolbar. A red arrow points from this box to a text box that says: "Zoom in – Zoom".

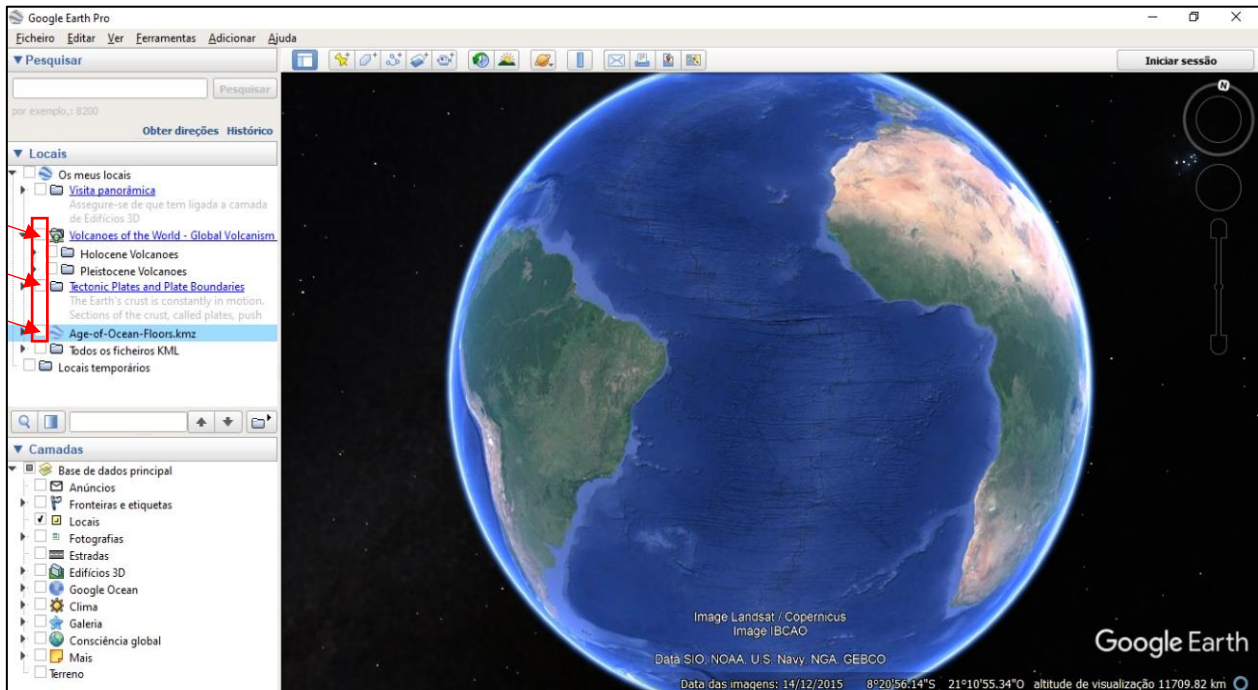
## Como utilizar os ficheiros .kml?

À disponibilidade terá três ficheiros .kml, para utilizar na aplicação *Google Earth*, com os seguintes nomes:

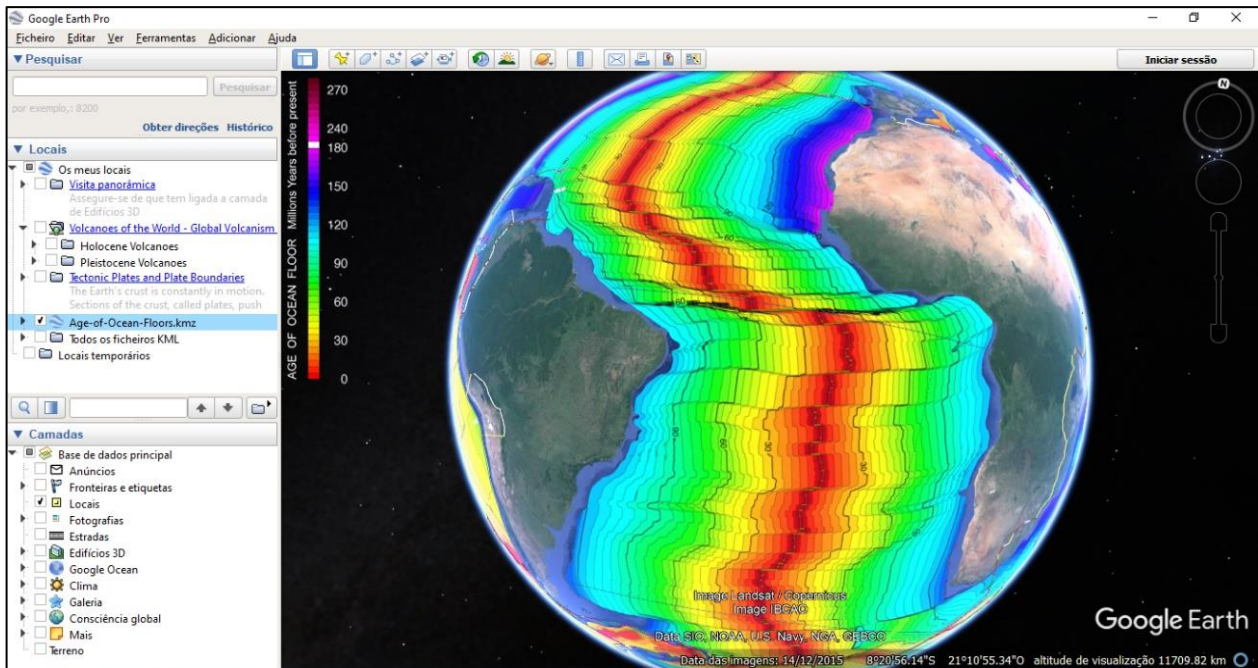
- Volcanoes of the World - Global Volcanism Program
- Tectonic Plates and Plate Boundaries
- Age-of-Ocean-Floors.kmz

Para seleccionar os ficheiros basta carregar na caixa ao lado do nome como presente no passo 1.

**Nota:** Os três ficheiros podem ser utilizados individualmente ou em simultâneo.



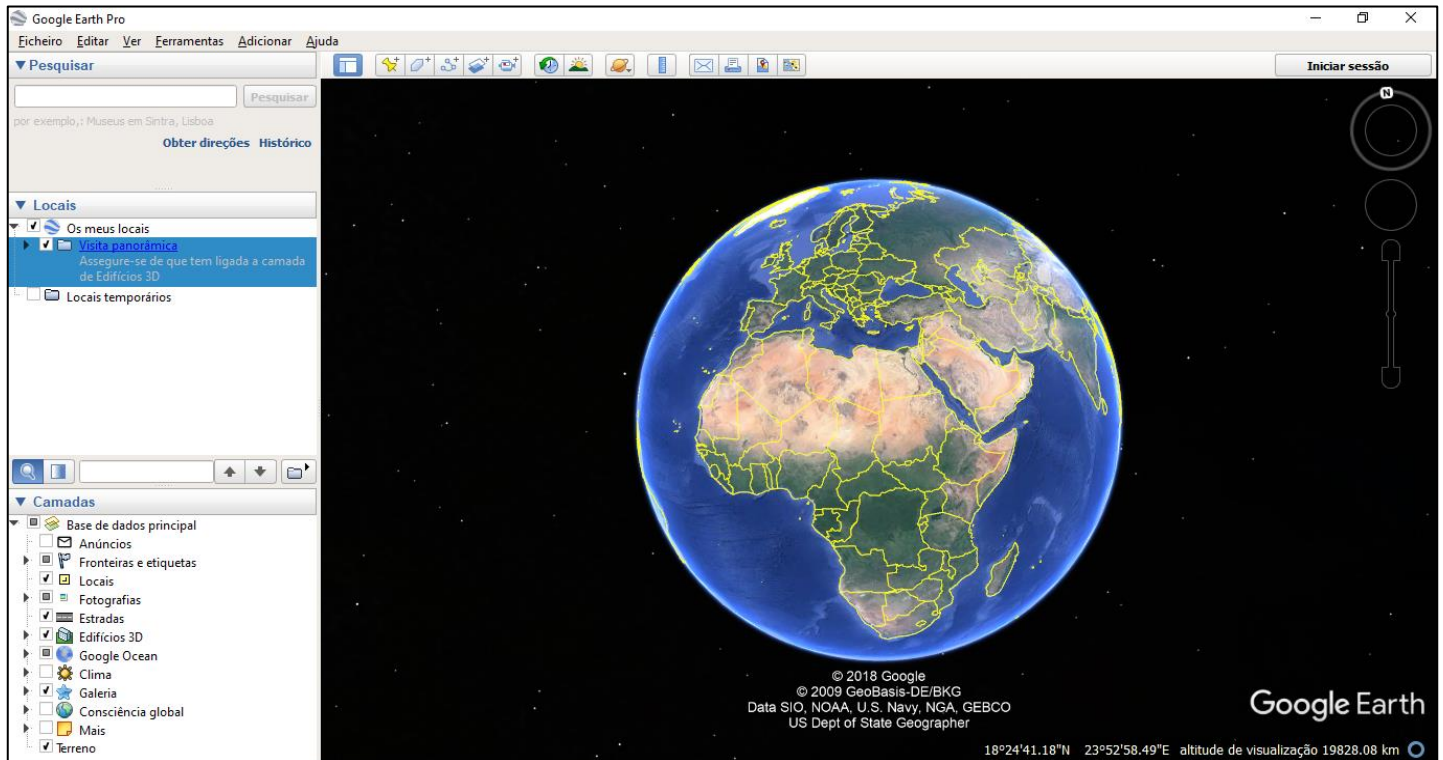
### Passo 1: Seleccionar ficheiros .kml



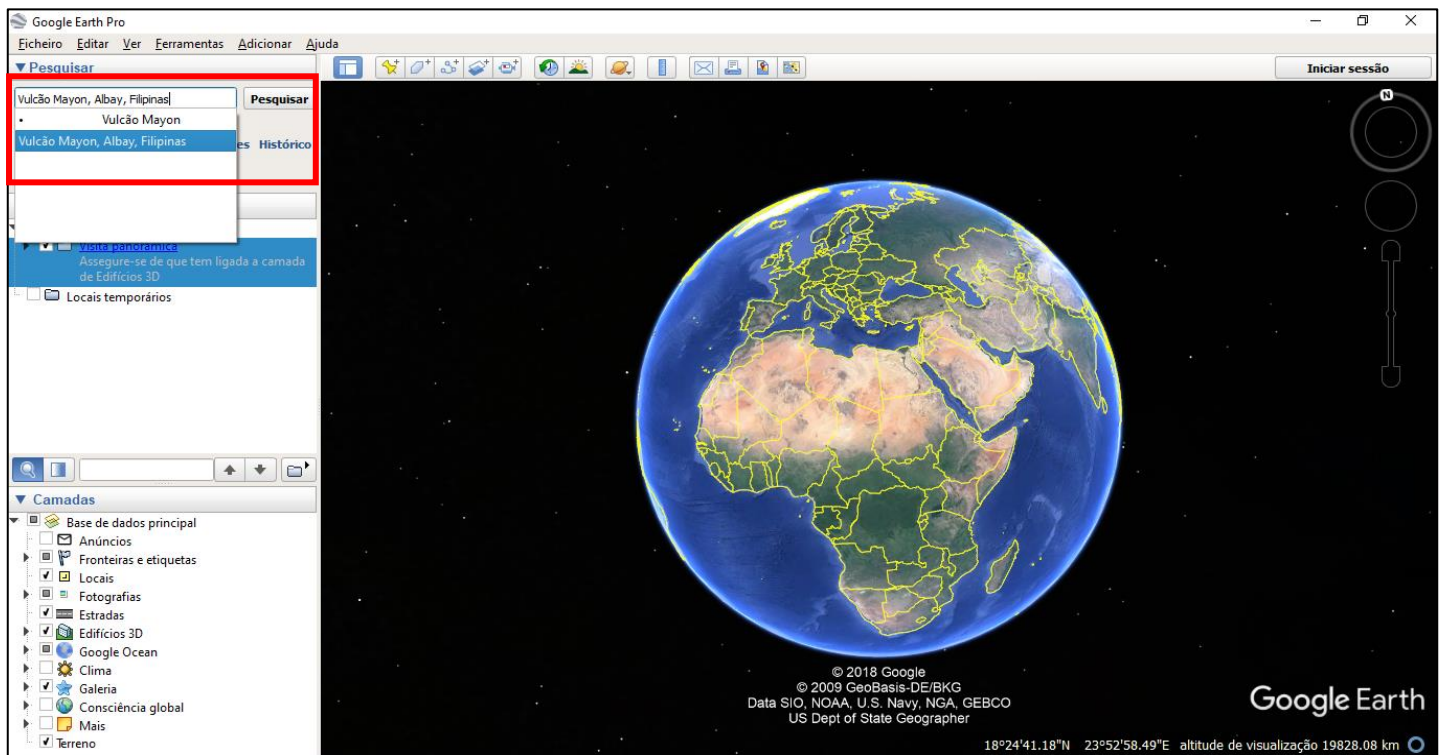
### Passo 2 Seleção do ficheiro Age-of-Ocean-Floors.kmz



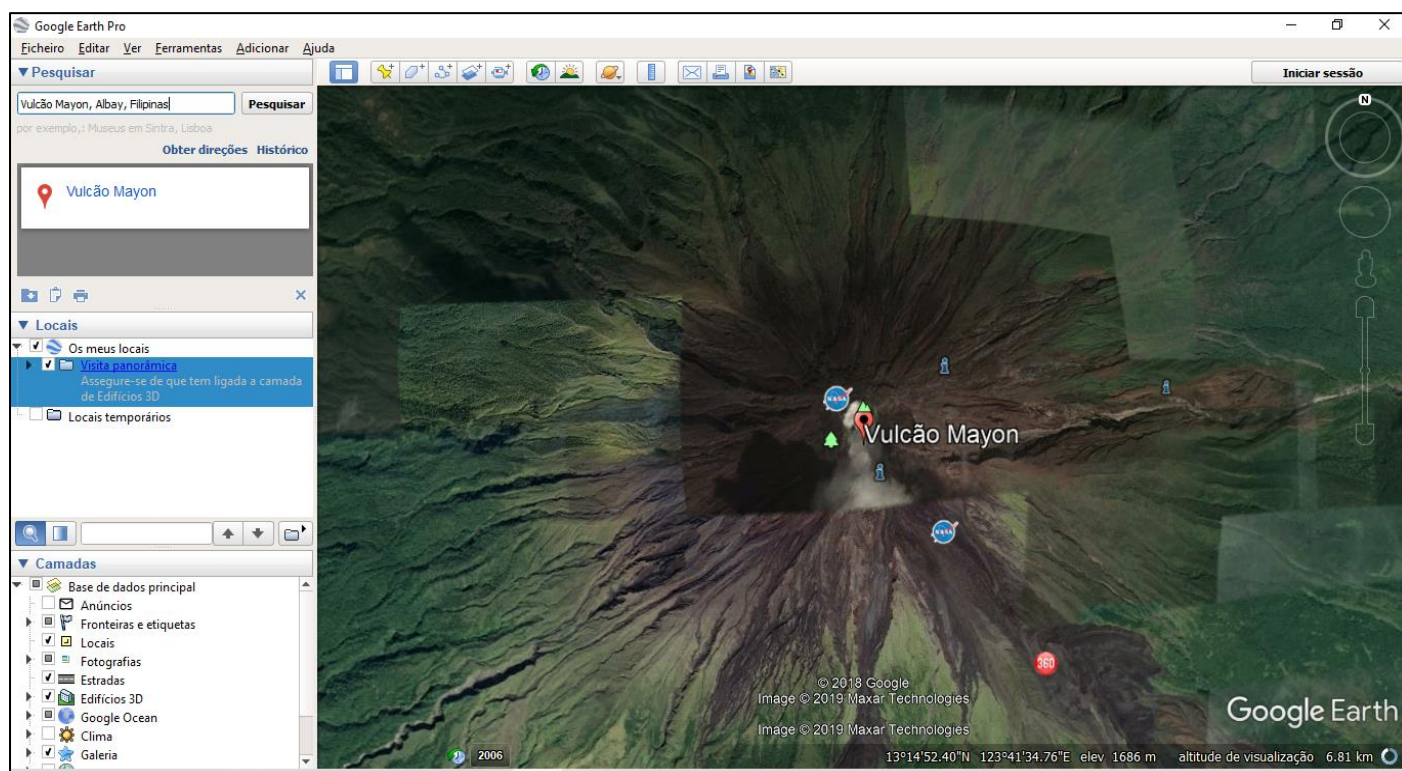
## Como fazer um perfil de elevação?



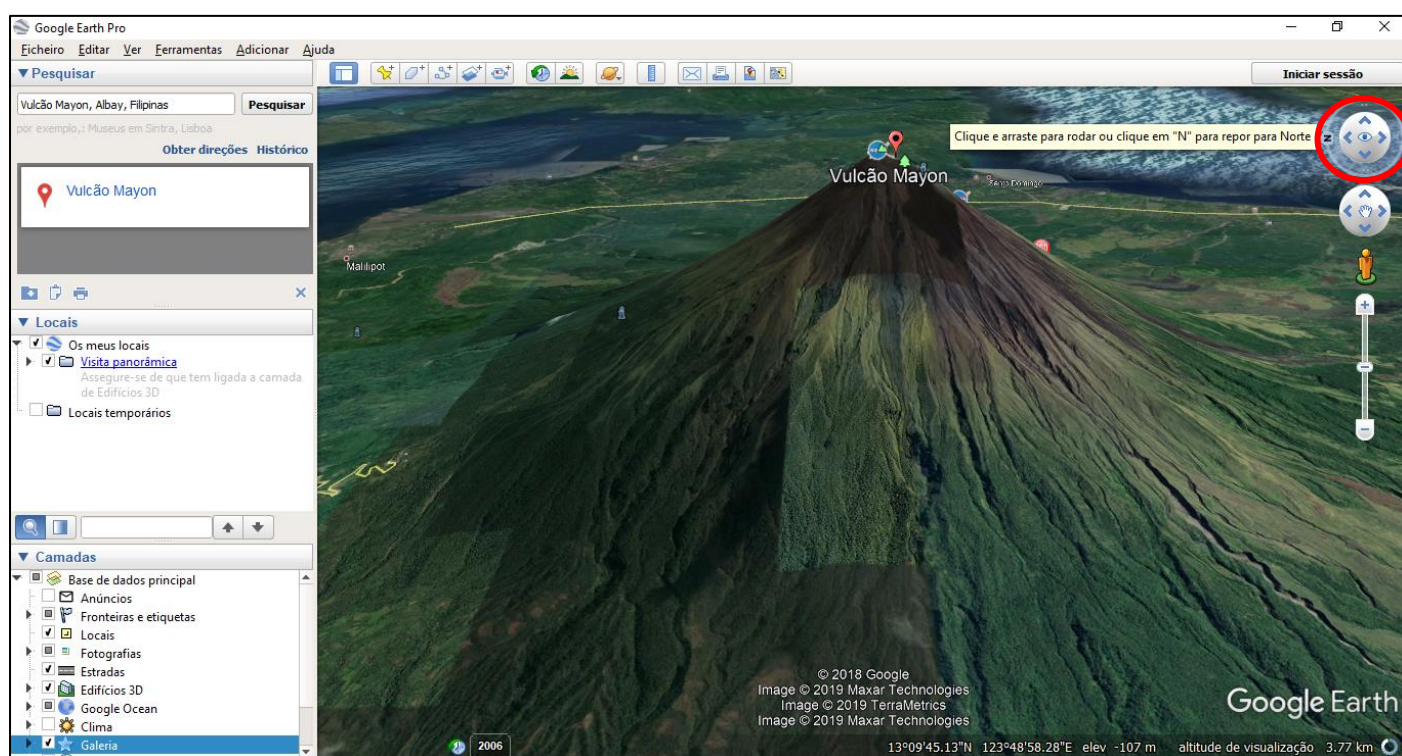
**Passo 1:** Página inicial do programa *Google Earth Pro*.



**Passo 2:** Pesquisar o vulcão no motor de pesquisa do programa.

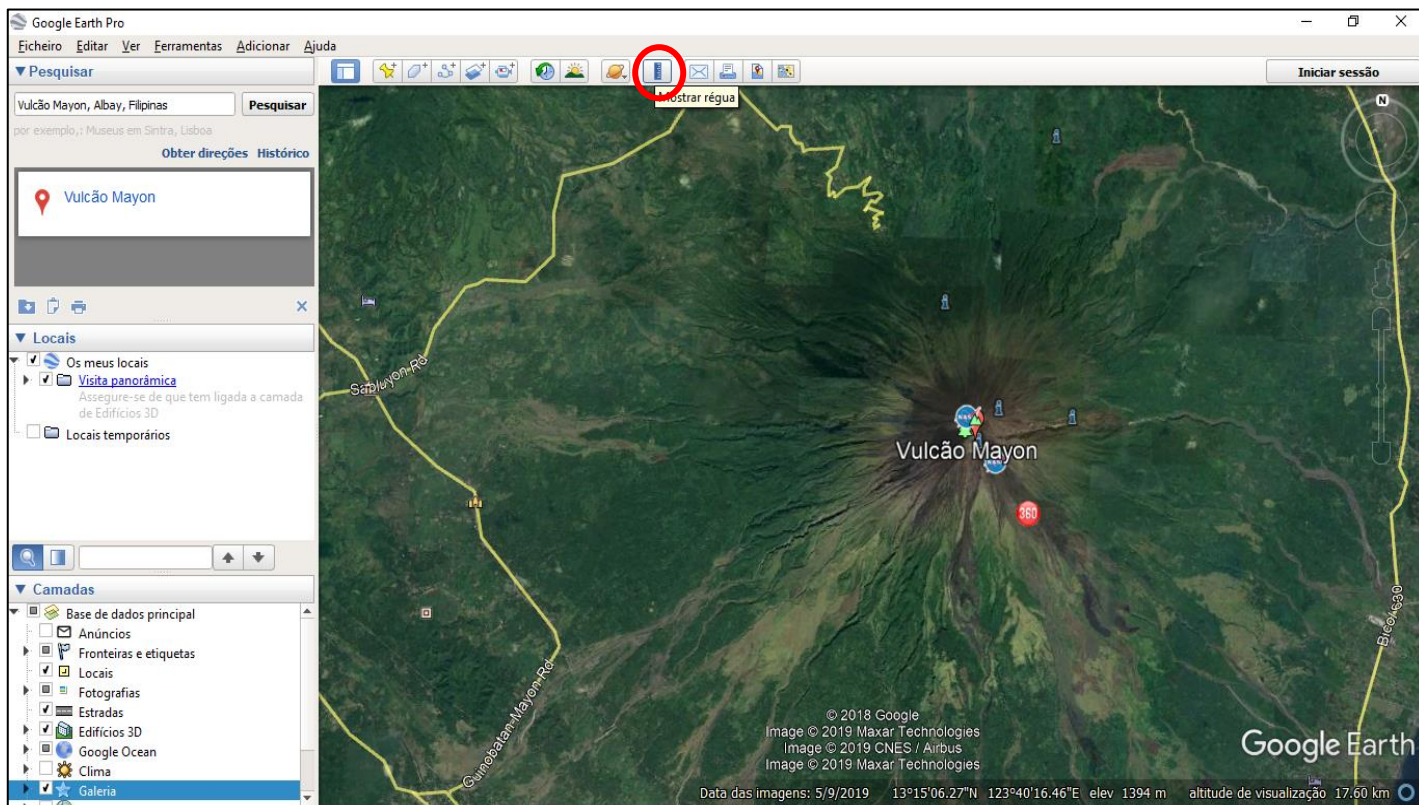


**Passo 3:** Resultado da pesquisa realizada no passo 2.

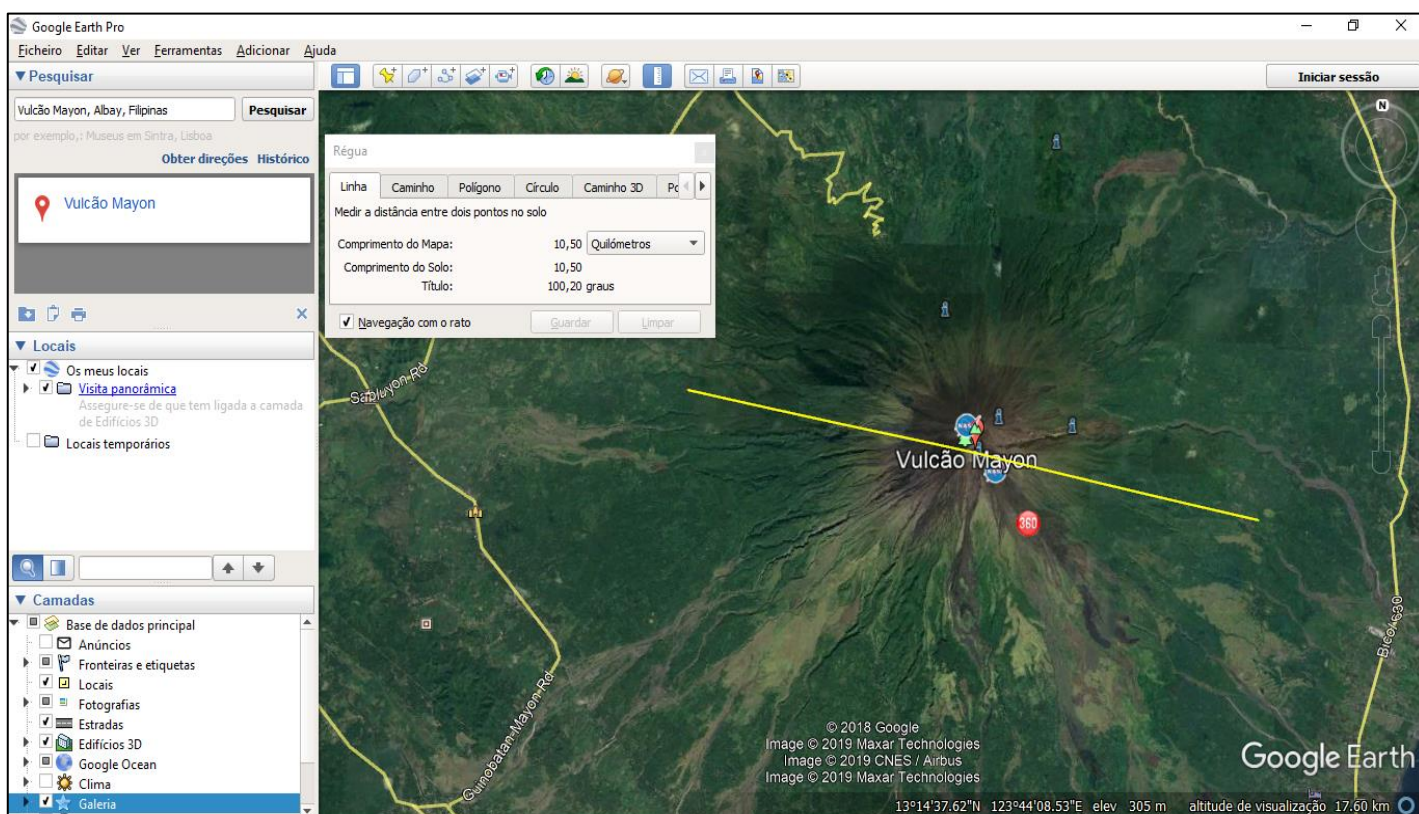


**Passo 4:** Pode utilizar o botão selecionado a vermelho para alterar a perspectiva de visualização do relevo.



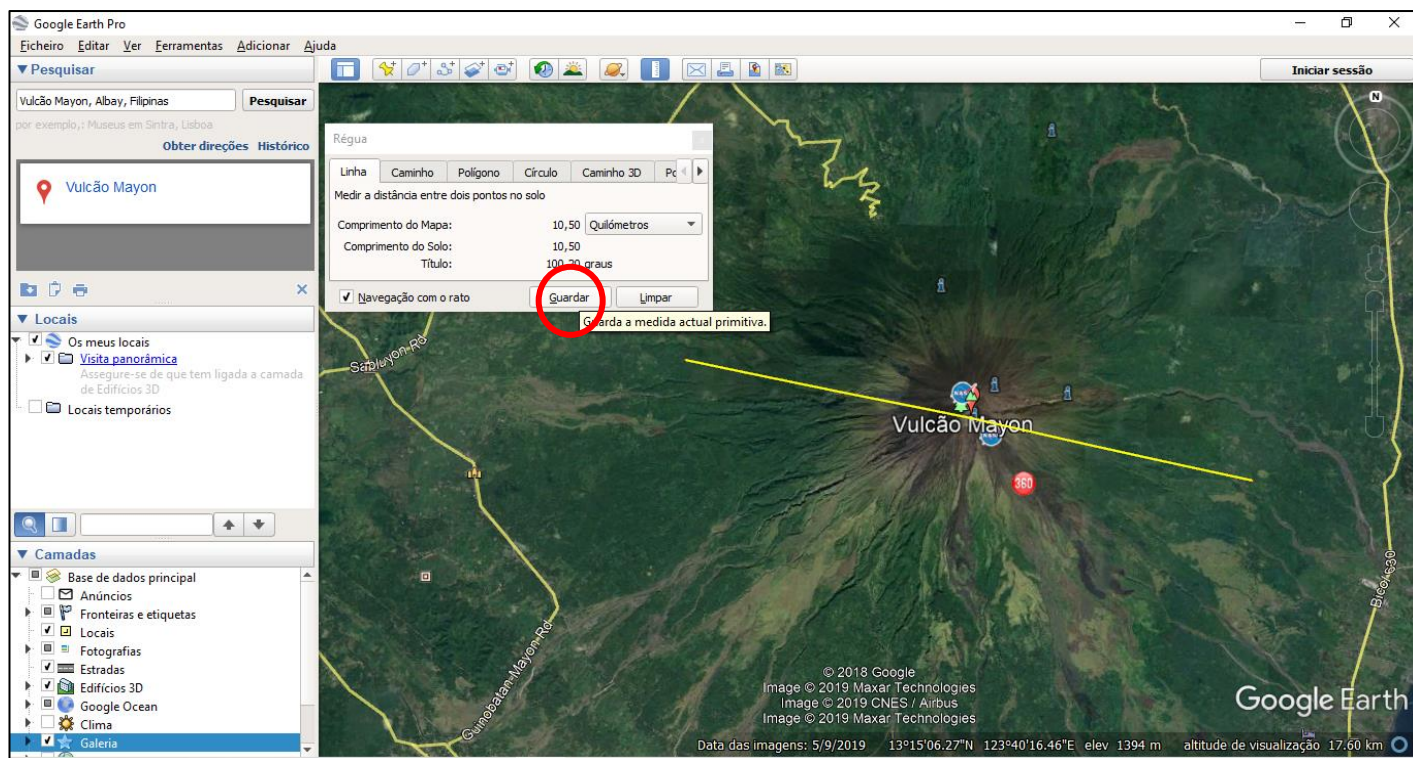


**Passo 5:** Carregue na régua de medição do Google Earth Pro.

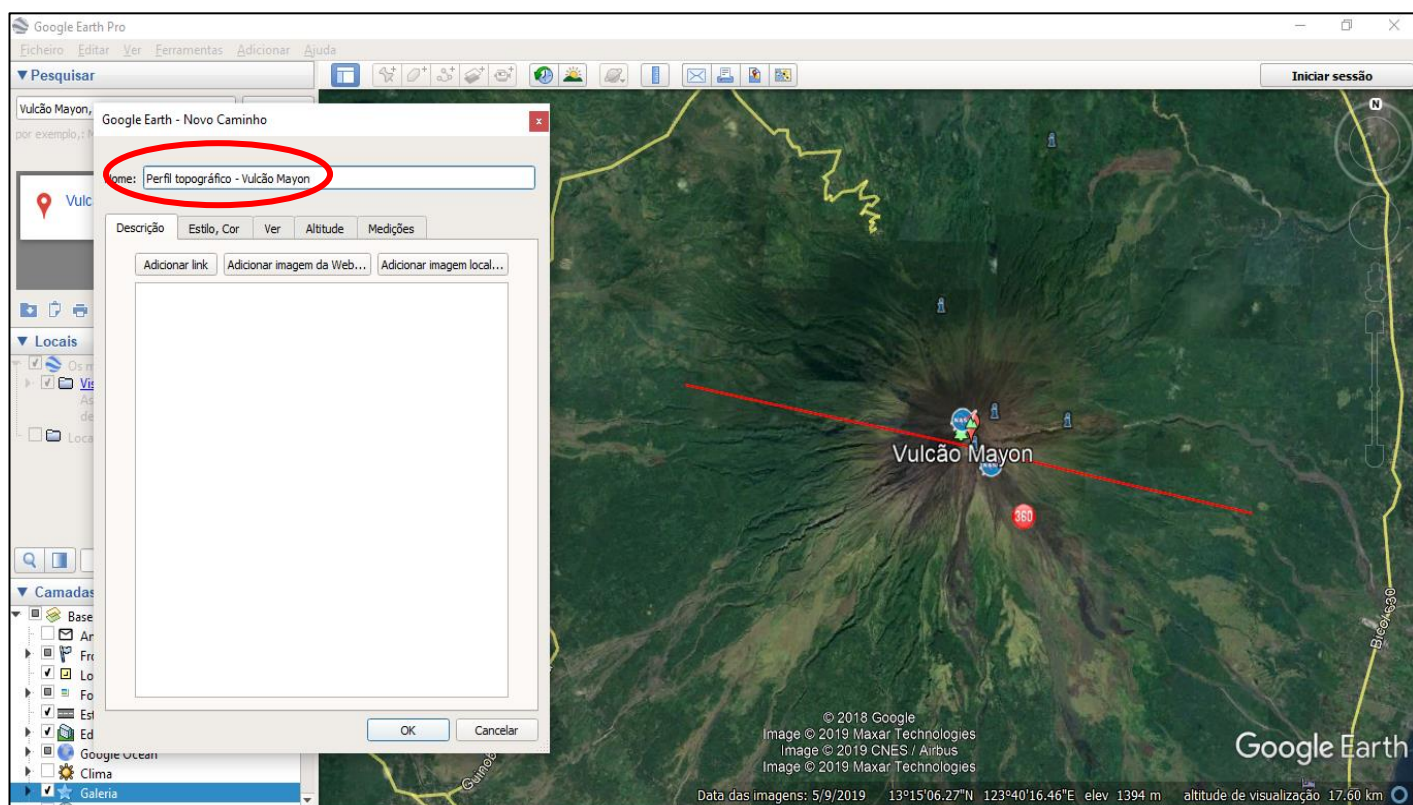


**Passo 6:** Trace uma linha que atravesse o relevo total do vulcão, passando pelo seu topo. Deve utilizar o botão esquerdo do rato para iniciar e finalizar o traçado da linha.



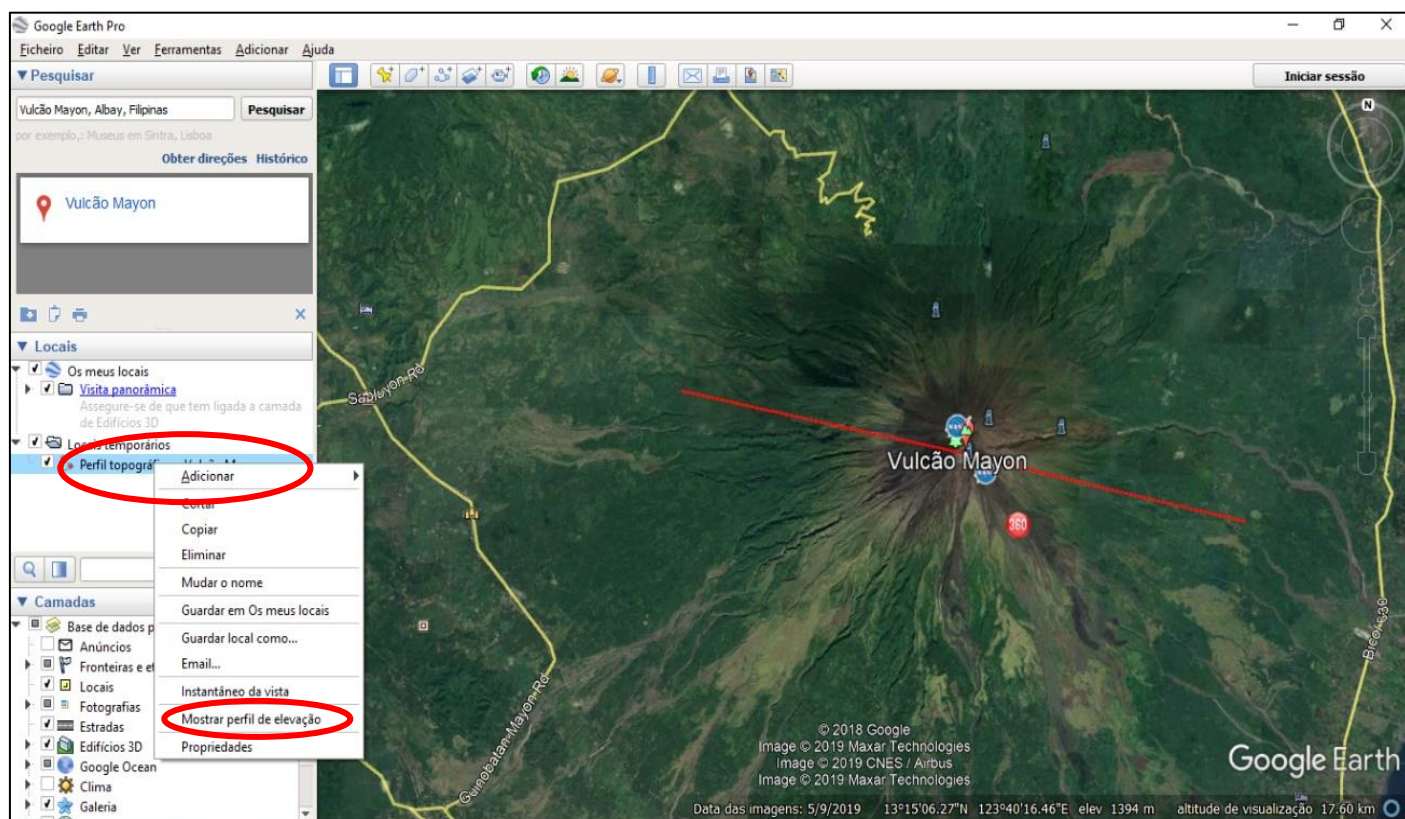


**Passo 7:** Carregue em guardar.

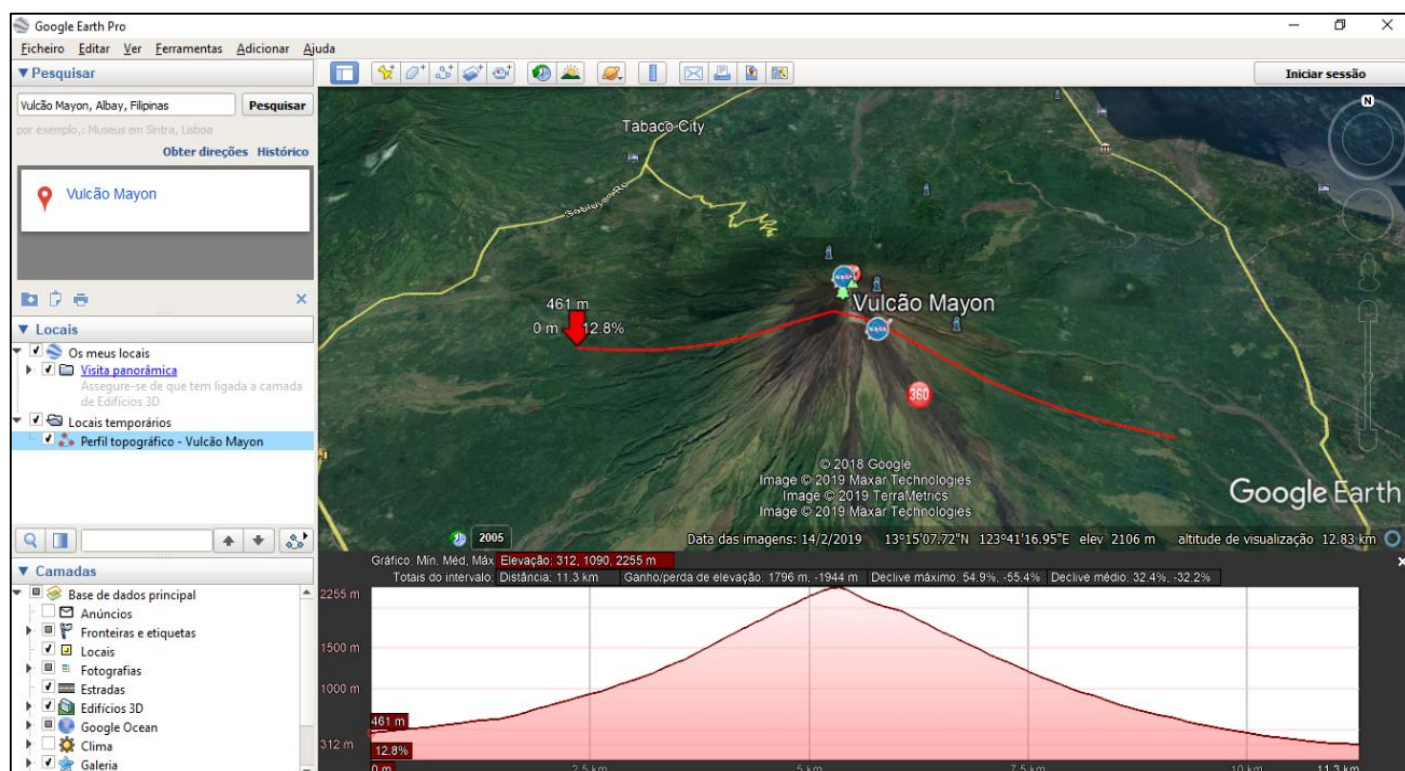


**Passo 8:** Escreva o nome do vulcão na caixa de texto e carregue no botão "OK".

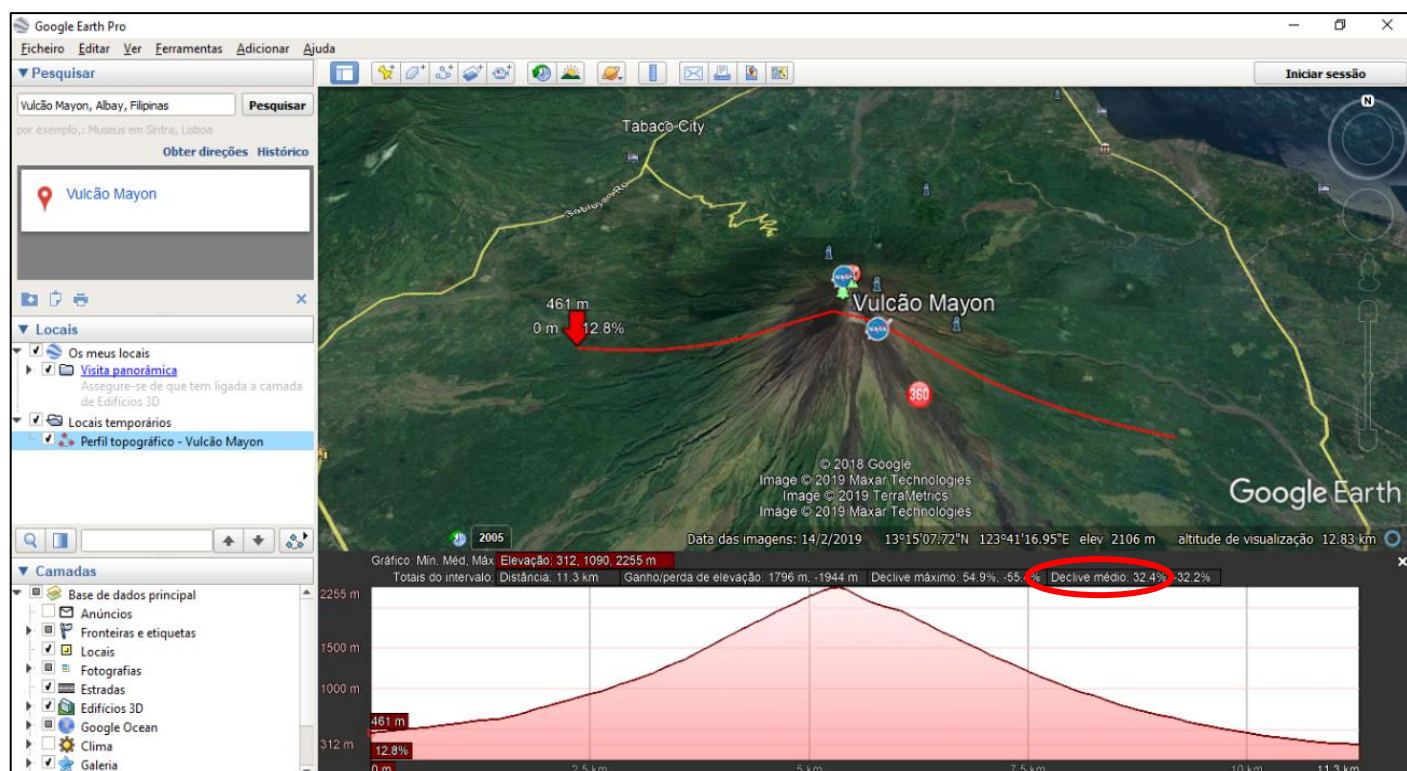




**Passo 9:** Clique no botão direito do rato sobre o ficheiro do vulcão anteriormente guardado. Carregue na opção “Mostrar perfil de elevação”.



**Passo 10:** Faça um *print screen* da figura e guarde num documento *word*



**Passo 11:** Declive médio da vertente esquerda do vulcão Mayon (triângulo a vermelho).

## Nota

O que significa um declive médio de 32.4%?

Significa que se estivesse a percorrer o caminho traçado, partindo de um ponto inicial, ao fim de 100 metros encontrar-se-ia, em média, a 32.4 metros de altura.



## Apêndice I

### Ficha atividade *Google Earth Pro*: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon

Atividade *Google Earth Pro*: estudo da atividade vulcânica do vulcão Kilauea e Mayon

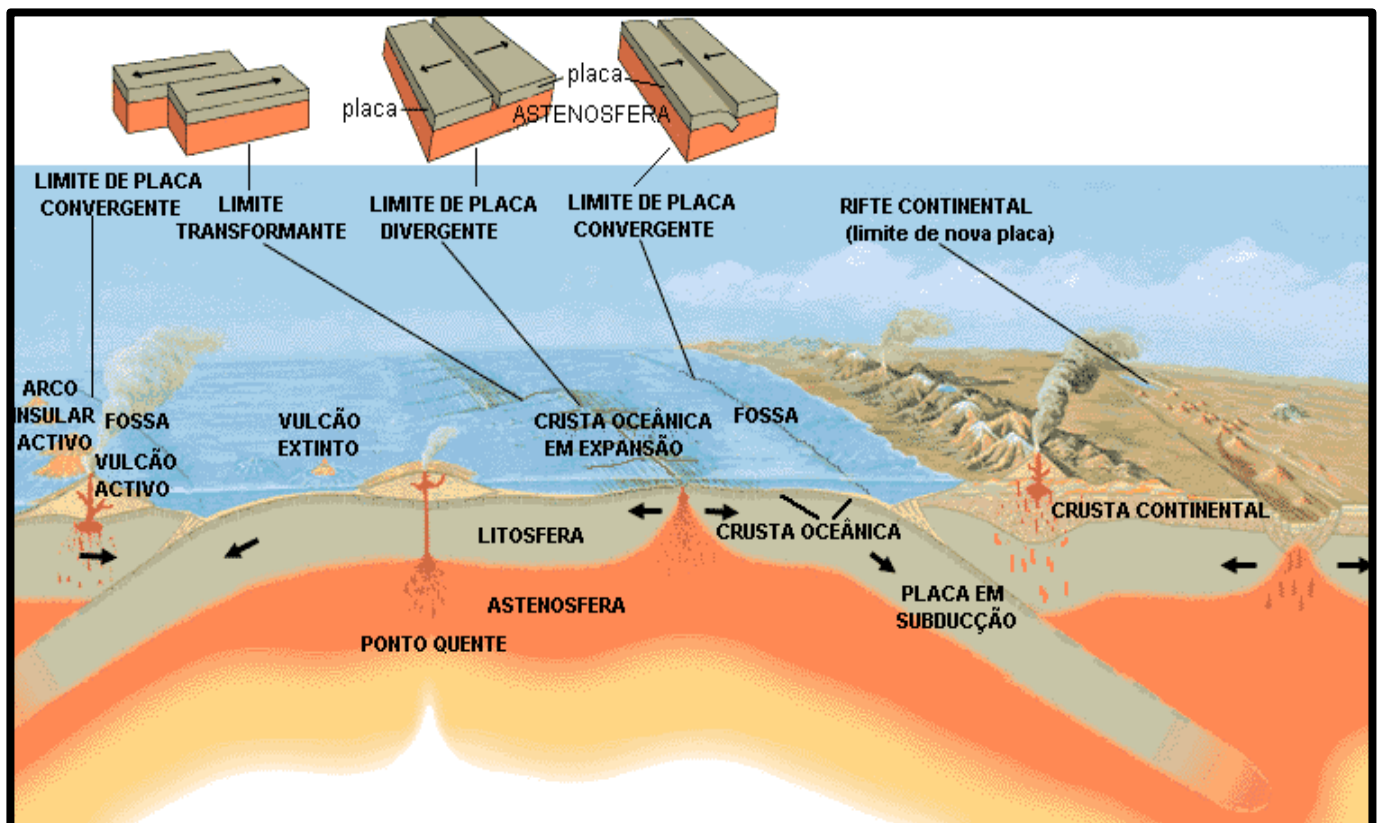
Nome:

Nº:

O *Google Earth* é um programa que permite explorar a Terra através de diversas fontes e de imagens aéreas, permitindo-nos ter uma visão tridimensional da superfície do nosso planeta.

A morfologia de um vulcão está associada à sua localização e ao tipo de erupção subjacente à sua formação. Nesta atividade vai explorar o vulcão Kilauea (Hawaii) e o vulcão Mayon (Filipinas) para assim estudar o vulcanismo destas regiões. Neste exercício vai utilizar a aplicação *Google Earth Pro* (**ver guião de utilização em anexo**) e deverá relacionar os conteúdos aprendidos nas aulas e durante a atividade experimental.

**Nota:** Pode sempre que necessário recorrer ao *site*, ao livro ou à *internet*.



## Exercício 1 – Vulcão Kilauea

O arquipélago do Havaí é constituído por várias ilhas e atóis. O vulcão Kilauea é um dos cinco vulcões presentes na ilha do Hawaii (a sudeste). Nesta ilha existem mais outros quatro vulcões, o Mauna Loa, o Hualalai, o Mauna Kea e o Kohala.

### 1.1 Viaje no *Google Earth* até ao **vulcão Kilauea (Hawaii)**

- Selecione o ficheiro .kml *Tectonic Plates and Plate Boundaries*.



Figura 57 Arquipélago do Havaí. É na ilha do Hawaii (a SE) que se localiza o vulcão Kilauea.

#### 1.1.1 Em que placa se localiza o arquipélago do Havaí?

1.1.2 Sabendo que as ilhas a noroeste (NO) são mais antigas que as ilhas a sudeste (SE) e que não apresentam atividade vulcânica ativa, o que pode inferir sobre o movimento tectónico e a localização da pluma térmica?

#### 1.1.3 Que tipo de vulcanismo está associado à formação das ilhas do arquipélago do Havaí?

#### 1.1.4 Analise o perfil de elevação da vertente SW (sudoeste) do vulcão Kilauea.

- Indique o declive médio positivo e explique o que significa essa percentagem.
- Indique se o declive do vulcão é declive baixo ou acentuado.
- Relacione o declive do vulcão com o seu tipo de erupção vulcânica.

#### 1.1.5 Atendendo às suas respostas nas questões anteriores complete a seguinte tabela:

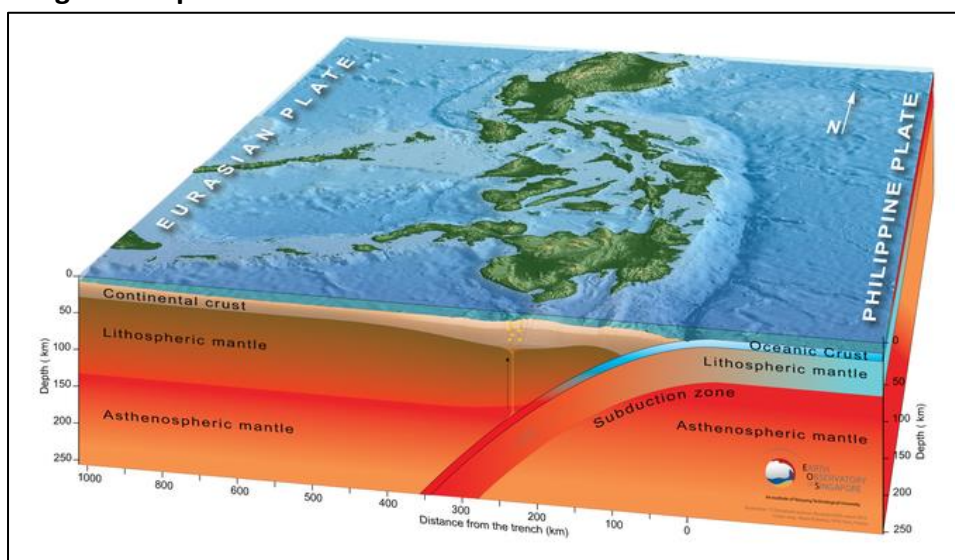
Local	Tipo de erupção (Efusiva ou explosiva)	Forma do cone vulcânico (baixo ou acentuado)	Escoadas de lava (muito extensa ou pouco extensa)	Lava			
				Viscosidade	Composição em sílica	Temperatura	Conteúdo em gás
Kilauea, Hawaii							

## Exercício 2 – Vulcão Mayon

2.1 Viaje no *Google Earth* até vulcão Mayon (Filipinas).

- Selecione os ficheiros .kml que lhe parecerem importantes.

**Imagem de apoio**



2.1.1 Que tipo de vulcanismo está associado ao vulcão Mayon? Justifique.

2.1.2 Analise o perfil de elevação da vertente NW (noroeste) do vulcão Mayon.

a) Indique o declive médio positivo e explique o que significa essa percentagem.

b) Indique se o declive do vulcão é declive baixo ou acentuado

c) Relacione o declive do vulcão com o seu tipo de erupção vulcânica.

2.1.3 Atendendo às suas respostas nas questões anteriores complete a seguinte tabela:

Local	Tipo de erupção (Efusiva ou explosiva)	Forma do cone vulcânico (baixo ou acentuado)	Escoadas de lava (muito extensa ou pouco extensa)	Lava			
				Viscosidade	Composição em sílica	Temperatura	Conteúdo em gás
Mayon, Filipinas							

## Apêndice J

### Ficha do exercício de tomada de decisão

#### Exercício de tomada de decisão

Nome: \_\_\_\_\_

Número de aluno: \_\_\_\_\_ Ano/Turma: \_\_\_\_\_ Turno: Manhã \_\_\_\_ Tarde \_\_\_\_

Elementos do grupo (nome e número): \_\_\_\_\_

Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?

**Desafio:** Identificação das populações em risco em Chã das Caldeiras e tomada de decisão sobre a sua eventual deslocação para outra região.

Fogo

Fogo é meu nome de baptismo,  
É Fogo a lava do vulcão;  
É Fogo o sangue na veia  
Fogo – amor no coração!

Um dia, no meio do mar,  
Levantei-me à luz do sol;  
A minha Serra, botão fechado,  
Desabrochou, abriu-se em flor.

Nasci já com meu destino;  
Meus filhos, criei-os assim;  
Aqui, ou por todo o mundo:  
Peitos de bronze, almas de cetim!

Fogo é meu nome de baptismo,  
A minha graça, a minha bênção:  
Fogo – coragem no peito!  
Fogo – varapau na mão!

Pedro Cardoso  
(poeta crioulo contemporâneo, natural da ilha do Fogo)





## Introdução

O arquipélago de Cabo Verde é constituído por 10 ilhas e vários ilhéus e pertence ao grupo das ilhas Atlânticas ou da Macaronésia, do qual fazem parte também os arquipélagos dos Açores, da Madeira e das Canárias.

A placa Africana encontra-se relativamente estacionária pelo que a génese do arquipélago de Cabo Verde é diferente da registada no arquipélago do Havaiano. A formação do arquipélago de Cabo Verde ocorreu devido à presença de um *hot spot* que desencadeou fenómenos de vulcanismo ao longo de fraturas com origem tectónica.

Devido à localização do arquipélago e à influência dos ventos alísios, o clima da região é árido e semiárido, sendo registados com frequência longos períodos de seca. O clima é caracterizado por uma longa estação seca (de novembro a junho) e uma pequena estação húmida (de julho a outubro). No entanto, as zonas mais montanhosas são mais húmidas devido às precipitações ocultas, como é o caso da região de Chã das Caldeiras, na Ilha do Fogo.

Quanto à geomorfologia, todas as ilhas do arquipélago são de origem vulcânica e apresentam um relevo acidentado. Contudo, as ilhas orientais (Sal, Boavista e Maio) apresentam formas mais aplanadas por terem sofrido processos de erosão mais prolongados comparativamente com as ilhas a ocidente. Estes dados, reforçam a hipótese de que as ilhas a oriente são mais antigas que as ilhas a ocidente.

Os fenómenos eruptivos, passados e presentes, da maior parte das ilhas caracterizam-se pela libertação de escoadas lávicas (maioritariamente de natureza basáltica) e piroclastos (escórias, lapili e cinzas). A ilha do Fogo é a única com erupções históricas desde o povoamento do arquipélago, existindo risco vulcânico subjacente à atividade vulcânica.



Figura 58 Mapa do arquipélago de Cabo Verde.

Baseado em Alfama, V. I. B. (2007). Património Geológico da Ilha do Fogo (Cabo Verde): Inventariação, Caracterização e Propostas de Valorização. Tese de Mestrado. Braga: Universidade do Minho.

## Trabalho em grupo

### Exploração no *Google Earth*

#### Atividade 1 – Ilha do Fogo, Cabo Verde

A ilha do Fogo foi descoberta pelos portugueses em 1460, sendo que em 1500 já era povoada. Os seus habitantes dedicavam-se ao cultivo de algodão e à criação de gado. Atualmente, a ilha é constituída por três concelhos: S. Filipe, Mosteiros e Santa Catarina, sendo o concelho de S. Filipe onde se encontra a maior densidade populacional. A maioria da população vive da agricultura e da pecuária.

A ilha do Fogo localiza-se a sudoeste do arquipélago, no grupo Sotavento, a altitude máxima atinge os 2829 m e tem 476 km<sup>2</sup> de área. A ilha tem a forma de um cone assimétrico onde a caldeira se encontra deslocada para nordeste. No topo do vulcão que constitui a ilha, o Monte Amarelo, encontra-se uma caldeira chamada “Chã das Caldeiras”. A “Bordeira” é a escarpa que se encontra a oeste da caldeira e tem um declive quase vertical atingindo os 1000 metros de altura. No entanto, a região a este não existe Bordeira devido, a pelo menos dois, colapsos do flanco este do Monte Amarelo.

Dentro da caldeira, existem alguns cones de escórias e escoadas lávicas. Contudo, o vulcão do Pico do Fogo é o edifício vulcânico mais proeminente, onde se localiza o ponto mais alto da ilha, constituindo o cone eruptivo principal. Porém, desde o século XVIII que não ocorre atividade eruptiva principal a partir da cratera do Pico do Fogo, ocorrendo apenas atividade vulcânica secundária, nomeadamente atividade fumarólica. A atividade vulcânica principal surge através de atividade fissural, e posterior formação de cones adventícios, no sopé do vulcão do Pico do Fogo e na planície de Chã das Caldeiras.

Baseado em Alfama, V. I. B. (2007). Património Geológico da Ilha do Fogo (Cabo Verde): Inventariação, Caracterização e Propostas de Valorização. Tese de Mestrado. Braga: Universidade do Minho.

1.1 Após a leitura dos textos anteriores, viajem no *Google Earth Online* até à Ilha do Fogo, Cabo Verde e estudem o **enquadramento geográfico e tectónico** das ilhas de Cabo Verde indicando:

- a) A localização geográfica do arquipélago;
- b) A localização da Ilha do Fogo;
- c) A localização tectónica do arquipélago;
- d) O tipo de vulcanismo subjacente à formação do arquipélago de Cabo Verde;

Podem também recorrer ao seguinte *link* do *Youtube*: <https://youtu.be/nul4MVbuPXM>



1.2 Em grupo, explorem livremente a ilha do Fogo! Utilizem o *Google Earth Online* para explorar virtualmente a ilha do Fogo: <https://earth.google.com/web/>.

É importante familiarizarem-se com a sua geomorfologia. Aproveitem para guardar imagens da região e identifiquem:

- a) A zona de Chã das Caldeiras;
- b) A grande Bordeira;
- c) A localização do vulcão do Pico do Fogo;
- d) A cratera do vulcão do Pico do Fogo;
- e) Habitações nas regiões de Portela e/ou Bangaeira;
- f) O que vos parecer interessante explorar!

Com as imagens guardadas façam um álbum de fotografias, devidamente legendadas, da vossa exploração à ilha do Fogo.

**No site está um guião de como utilizar o *Google Earth Online***

**Nota:** Entreguem um documento *word* anexo com as imagens legendadas recolhidas no exercício 1.2.

## Análise dos mapas de perigosidade para os cenários do Pico do Fogo e Pico Pequeno

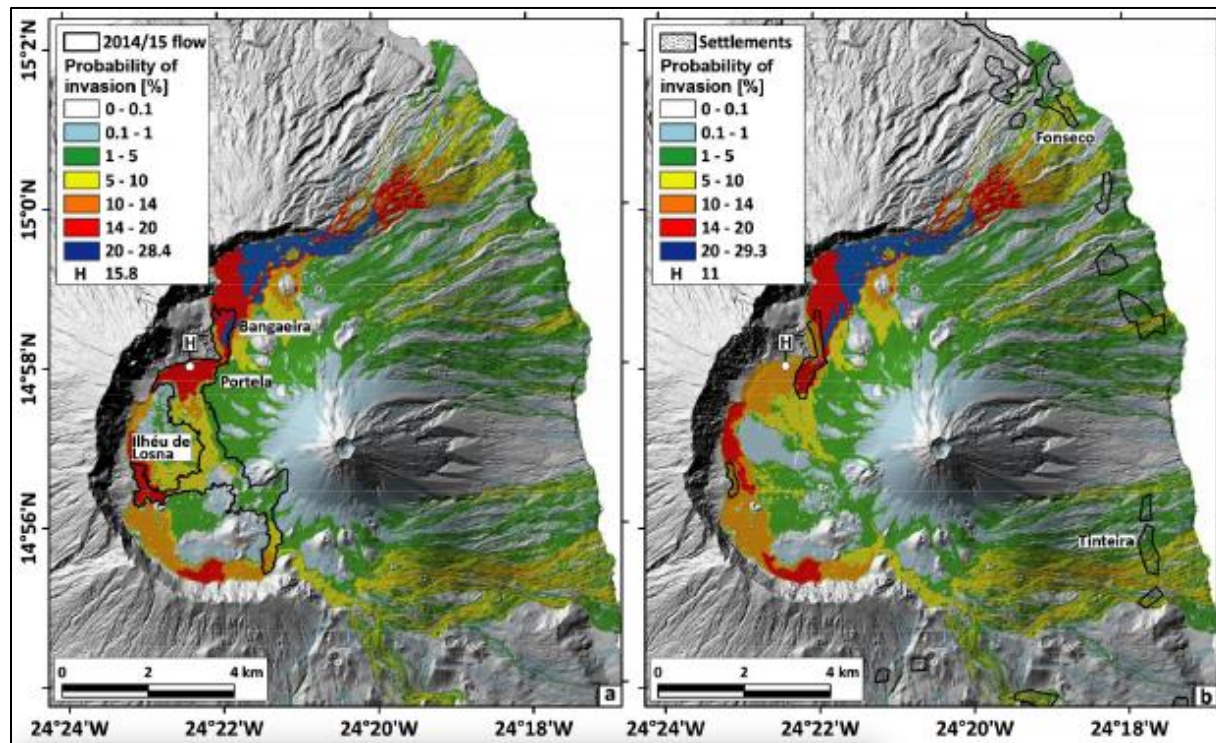


Figura 59 Pré-(a) e pós-erupção (b) mapa de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo.

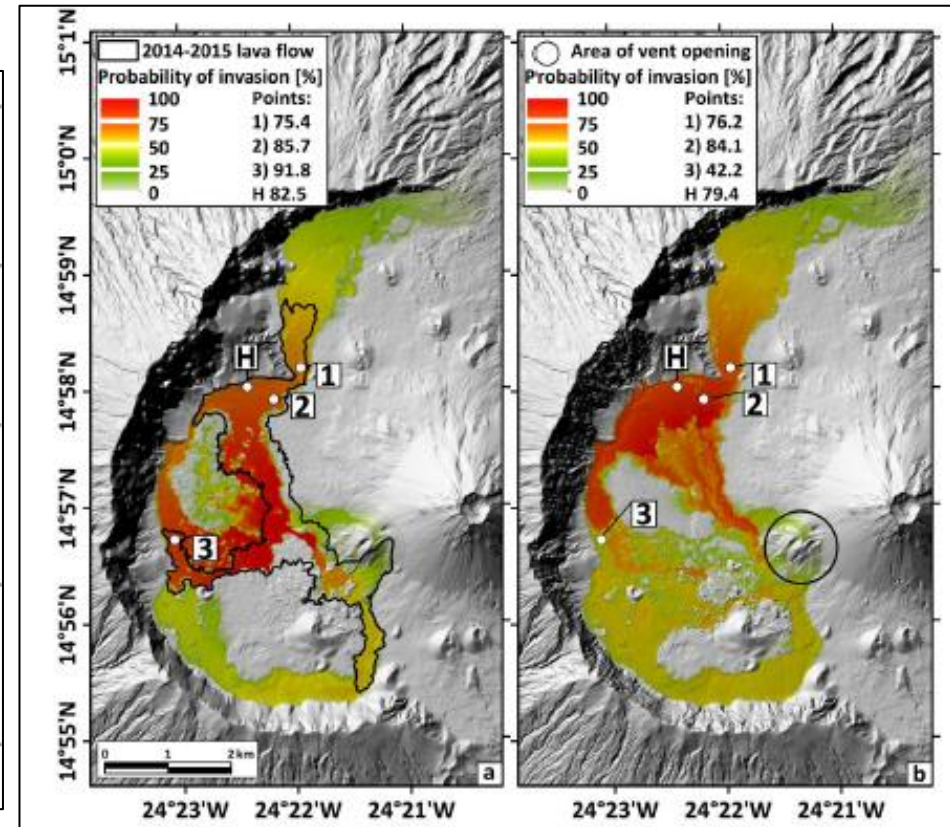


Figura 2 Pré-(a) e pós-erupção (b) mapa de perigosidade para o cenário do Pico do Pequeno.

Retirado de Richter *et al*, (2016)

## **Atividade 2 - Análise dos mapas de perigosidade para os cenários do Pico do Fogo e Pico Pequeno:**

Analise os mapas de perigosidade para o cenário do Pico do Fogo e para o Pico Pequeno e responda às seguintes questões:

2.1 Que populações foram destruídas pela erupção de 2014-2015?

2.2 Após a erupção de 2014-2015 a população de Chã das Caldeiras acabou por voltar às zonas afetadas. Que populações continuam em risco?

2.3 De acordo com as informações fornecidas pelos dois mapas indique:

- a) A zona de maior risco de invasão de escoadas lávicas (com uma seta a vermelho)
- b) A zona de menor risco de invasão de escoadas lávicas (com uma seta a verde)

### Atividade 3 -Trabalho individual – Investigação do especialista

Cada especialista do grupo fica responsável pela elaboração da síntese de um tema:

#### **Tema A:**

- Formação do vulcão do Pico do Fogo.
- Erupções de 1995 e de 2014-2015;
- Análise de notícias sobre a autorrecuperação e o retorno espontâneo da população às zonas afetadas.

#### Tópicos orientadores:

- 1) Como se formou o vulcão do Pico do Fogo?

#### **Referência:**

- **Ilha do Fogo Guia de espécies - História geológica da Ilha do Fogo**

- 2) De acordo com a informação disponibilizada indique:

- a. As localidades que existiam em Chã das Caldeiras antes da erupção de 2014-2015.
- b. As localidades mais povoadas antes da erupção de 2014-2015.
- c. Os efeitos da erupção de 2014-2015.

#### **Referência:**

- **Avaliação das necessidade pós-desastre: erupção vulcânica no Fogo – Parte 1**

- 3) Após as erupções de 1995 e de 2014-2015 a população de Chã das Caldeiras regressou novamente às localidades de maior perigosidade vulcânica, apesar das tentativas do governo em realojar a população noutros locais da ilha. Identifique as possíveis razões da população para voltar para as zonas de maior perigosidade, referindo as vantagens de viver ao lado do vulcão.

#### **Referências:**

- **“Esta erupção do vulcão da ilha do Fogo já é mais destrutiva do que a de 1995 - Parte 1”**
- **“Sem medo da erupção, Ilha do Fogo diz que o vulcão é nós amigo - Parte 1”**

- 4) Anote outros aspetos que lhe pareceram importantes após as leituras realizadas e que permitem compreender melhor a complexidade do problema em estudo: *Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?* (**Nota: esta questão é importante**)

#### **Referências:**

- **Todas as disponibilizadas;**
- **Pesquise mais informação na internet.**

## **Tema B:**

- O estratovulcão do Pico do Fogo;
- Evolução das manifestações de vulcanismo primário no vulcão do Pico do Fogo;
- Características da erupção de 2014-2015.

### Tópicos orientadores:

- 1) Em que ano o vulcão do Pico do Fogo atingiu a sua altura crítica? Porquê?
- 2) Como ocorreu a evolução das manifestações de vulcanismo primário (central e fissural) no vulcão do Pico do Fogo?
- 3) Onde se localizam as fissuras eruptivas das erupções de 1995 e de 2014-2015?

### **Referências:**

- **Ilha do Fogo Guia de espécies - História geológica da Ilha do Fogo**
- **Ilha do Fogo: Guia de espécies - O estratovulcão do Pico do Fogo**

- 4) Atendendo à erupção vulcânica de 2014-2015, indique:
  - a. O tipo de manifestação de vulcanismo primário;
  - b. O(s) tipo(s) de erupção vulcânica e os materiais expelidos durante a erupção;
  - c. O objetivo dos cientistas na viagem à ilha do Fogo durante a erupção de 2014-2015.

### **Referência:**

- **“Esta erupção do vulcão da ilha do Fogo já é mais destrutiva do que a de 1995 – Parte 2”**

- 5) Anote outros aspetos que lhe pareceram importantes após as leituras realizadas e que permitem compreender melhor a complexidade do problema em estudo: *Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?* (**Nota: esta questão é importante**)

### **Referências:**

- **Todas as disponibilizadas;**
- **Pesquise mais informação na internet.**

### **Tema C:**

- Monitorização da atividade vulcânica: fenómenos precursores da erupção de 2014-2015.
- Perigos vulcânicos associados à atividade vulcânica na ilha do Fogo.
- Minimização de riscos vulcânicos – previsão e prevenção

#### Tópicos orientadores:

- 1) Que fenómenos foram registados antes da erupção de 2014-2015 que podiam indicar o início da atividade vulcânica?

#### **Referência:**

**- Relatório I: Erupção Vulcânica de 2014.**

Nota: é importante analisar o gráfico da figura 4.

- 2) Quanto aos perigos geológicos:

- a. Indique os perigos geológicos identificados na ilha do Fogo.
- b. Indique os perigos vulcânicos associados à atividade vulcânica na ilha do Fogo.
- c. Refira a importância da monitorização da atividade vulcânica para a atenuação dos perigos vulcânicos.

#### **Referências:**

**- Perigos geológicos na ilha do Fogo (Cabo Verde): implicações para o planeamento de emergência. – págs. 134-138.**

**- Manual de Geologia 10 ano págs. 167-169.**

- 3) Sintetize a estratégia falhada de recuperação de Chã das Caldeiras após a erupção de 1995.

#### **Referência:**

**- Avaliação das necessidades pós-desastre: erupção vulcânica no Fogo – Parte 2**

- 4) Anote outros aspetos que lhe pareceram importantes após as leituras realizadas e que permitem compreender melhor a complexidade do problema em estudo: *Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?* (**Nota: esta questão é importante**)

#### **Referências:**

**- Todas as disponibilizadas;**

**- Pesquise mais informação na internet.**



**Avaliação individual:** cada especialista deverá redigir uma síntese do tema que lhe foi atribuído de acordo com as questões orientadoras, com um máximo de 450 palavras (aproximadamente uma página). A síntese tem por base as questões orientadoras e devem relacionar as informações recolhidas, no entanto podem alterar a ordem das perguntas como vos for mais conveniente. Posteriormente, terão de enviar o trabalho para o meu e-mail e para os outros elementos do grupo para que todos tenham conhecimento sobre todos os temas. O desempenho individual de cada elemento do grupo é importante para o sucesso de todo o grupo e para que a decisão final seja válida, coerente e informada.

Tema atribuído	Nome e número do especialista
A	
B	
C	

## Trabalho em grupo

### Tomada de decisão

**Atividade 4** – Nas atividades anteriores exploraram o arquipélago de Cabo Verde e a ilha do Fogo no *Google Earth*, analisaram mapas de perigosidade, investigaram a atividade vulcânica da ilha do Fogo e as consequências sociais para as populações de Chã das Caldeiras. Nesta atividade devem tomar uma decisão em grupo, com base nas evidências recolhidas anteriormente, sobre a eventual deslocação da população de Chã das Caldeiras para outra região.

4.1 Tomem a decisão final em grupo e elaborem argumentos para a suportar. Têm de atribuir prioridade aos argumentos apresentados.

#### Decisão final do grupo:

--

Prioridade	Argumentos
1º	
2º	
3º	
4º	

5º	

4.2 O decisor analisou o vosso trabalho, a decisão tomada pelo vosso grupo e os argumentos que a suportam. No entanto, o decisor recebeu outra proposta para este desafio, diferente da vossa decisão. Descrevam uma possível proposta alternativa à decisão tomada na alínea 4.1.

#### **Proposta alternativa**

--

4.3 Pensem, em grupo, em argumentos **contra** a proposta alternativa apresentada na alínea 4.2.

Refutação (apresentem argumentos <b>contra</b> a proposta alternativa)

## Trabalho em grupo

### Podcast

#### Atividade 5

Em grupo criem um *podcast*!

O que é um *podcast*?

Um *podcast* é um ficheiro de áudio que pode ser submetido na *Internet*! Vão construir um programa de rádio.

Foram convidados para realizar um *podcast* educativo para sensibilizar a população de Chã das Caldeiras. O vosso trabalho é muito importante e poderá ajudar a população da região.

Em grupo devem criar um podcast em que abordem os seguintes aspetos:

- A geologia do arquipélago de Cabo Verde;
- A geologia da ilha do Fogo;
- As investigações dos especialistas (tema A, B e C);
- A controvérsia sociocientífica estudada, incluindo a vossa decisão para o desafio proposto e os vossos argumentos;

**Não devem:** dar opiniões ou fazer juízos de valor sobre a controvérsia sociocientífica estudada. É um *podcast* educativo!

#### Como realizar um podcast de sucesso?

- 1) Definam o formato do *podcast*. Podem escolher o formato que desejarem, mas alguns exemplos são: uma narrativa do que aprenderam, uma discussão entre cientistas, uma entrevista, uma história, uma reportagem ao local...
- 2) Definam a duração do podcast. A duração ideal é entre 6 a 10 minutos, para garantirem a atenção dos ouvintes!
- 3) Escrevam um guião e atribuam as falas aos vários elementos do grupo.
- 4) Treinem.
- 5) Divirtam-se.
- 6) Gravem o vosso *podcast*!

**Nota:** Não é necessário incluir todas as informações que recolheram durante o exercício de tomada de decisão! No entanto, devem incluir no vosso podcast informações sobre os quatro tópicos sugeridos. Sejam sucintos e imaginativos!



## Apêndice L

### Guião de utilização do *Google Earth Online*

# Guião: Como utilizar o *Google Earth Online*

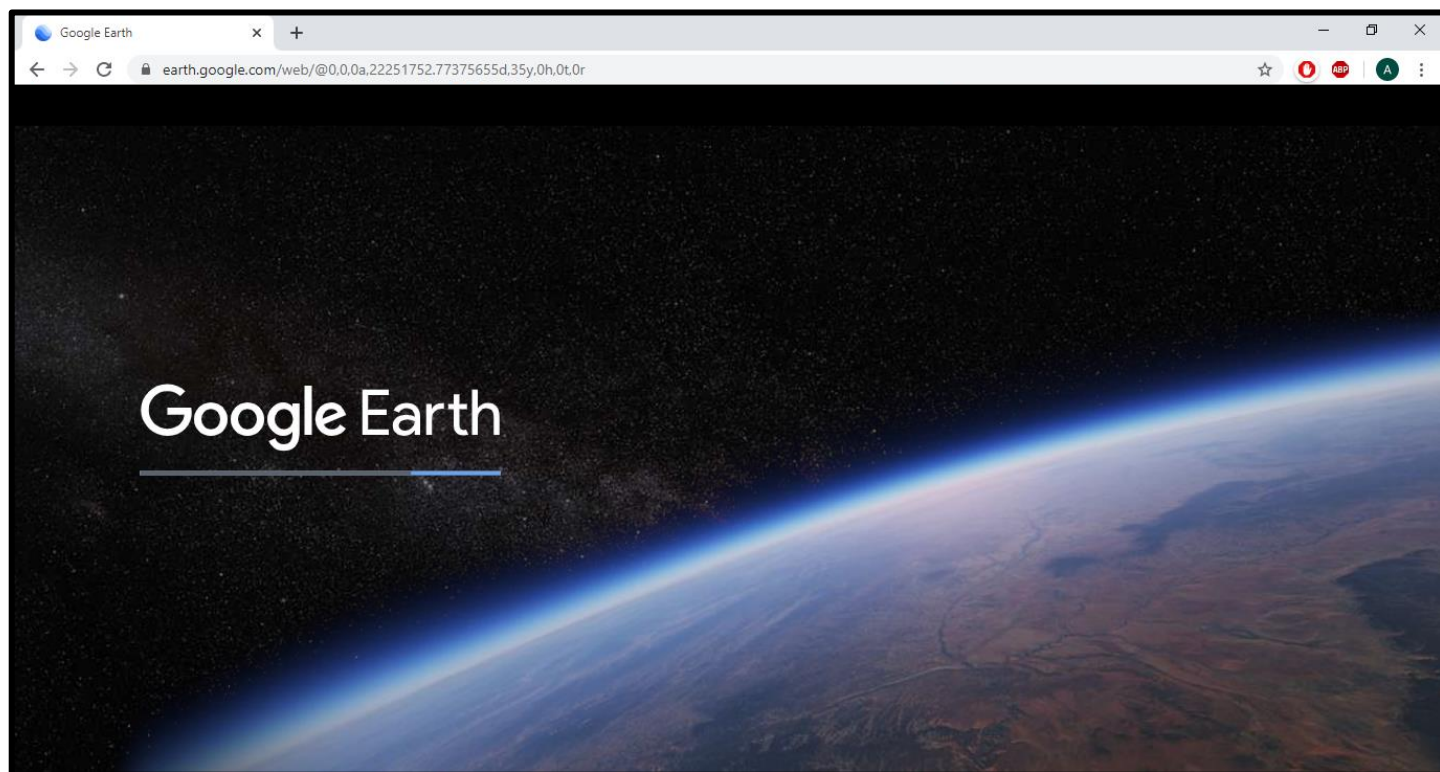


Figura 1 Aceda ao Google Earth Online através do link: <https://earth.google.com/web/>

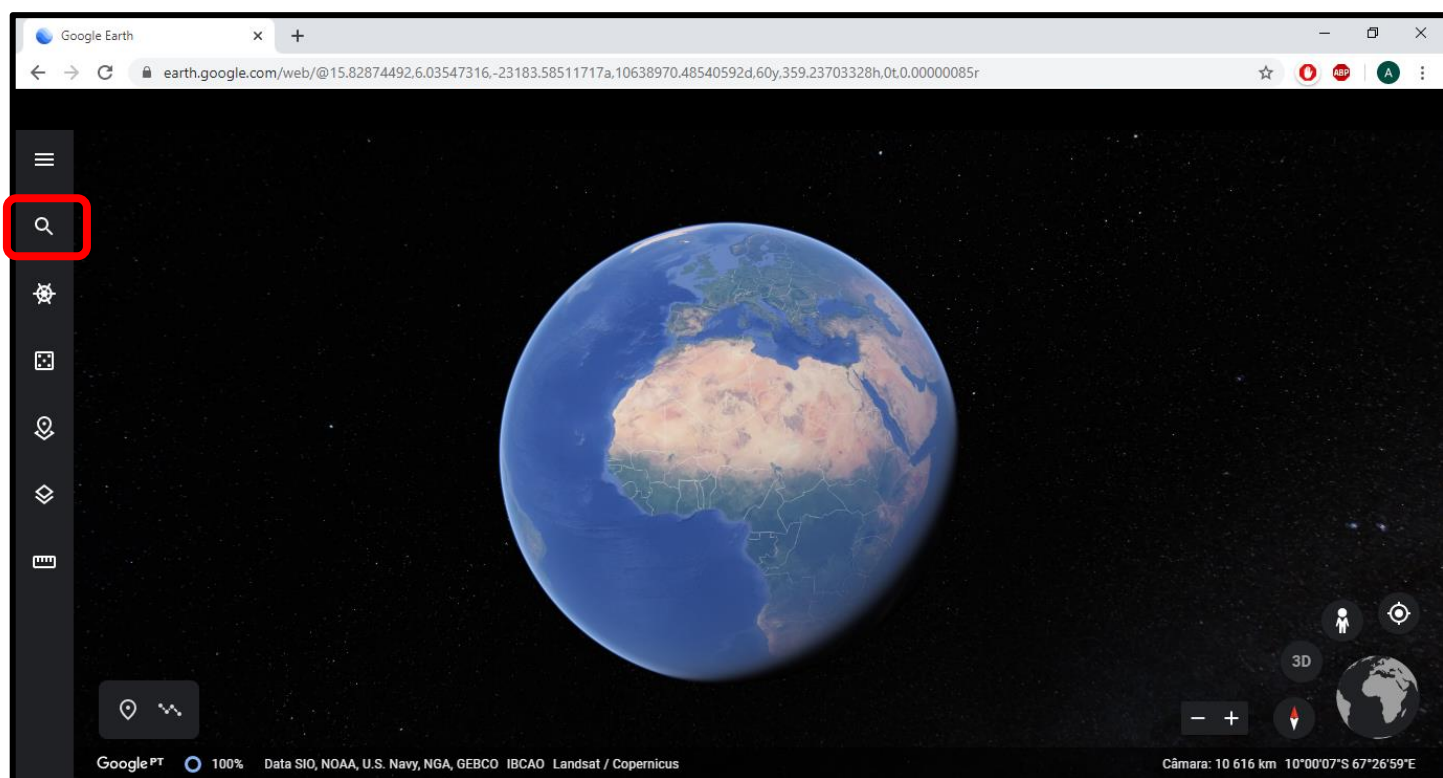


Figura 2 Página principal do *Google Earth Online*. Clique no ícone de pesquisa para viajar para o seu destino.



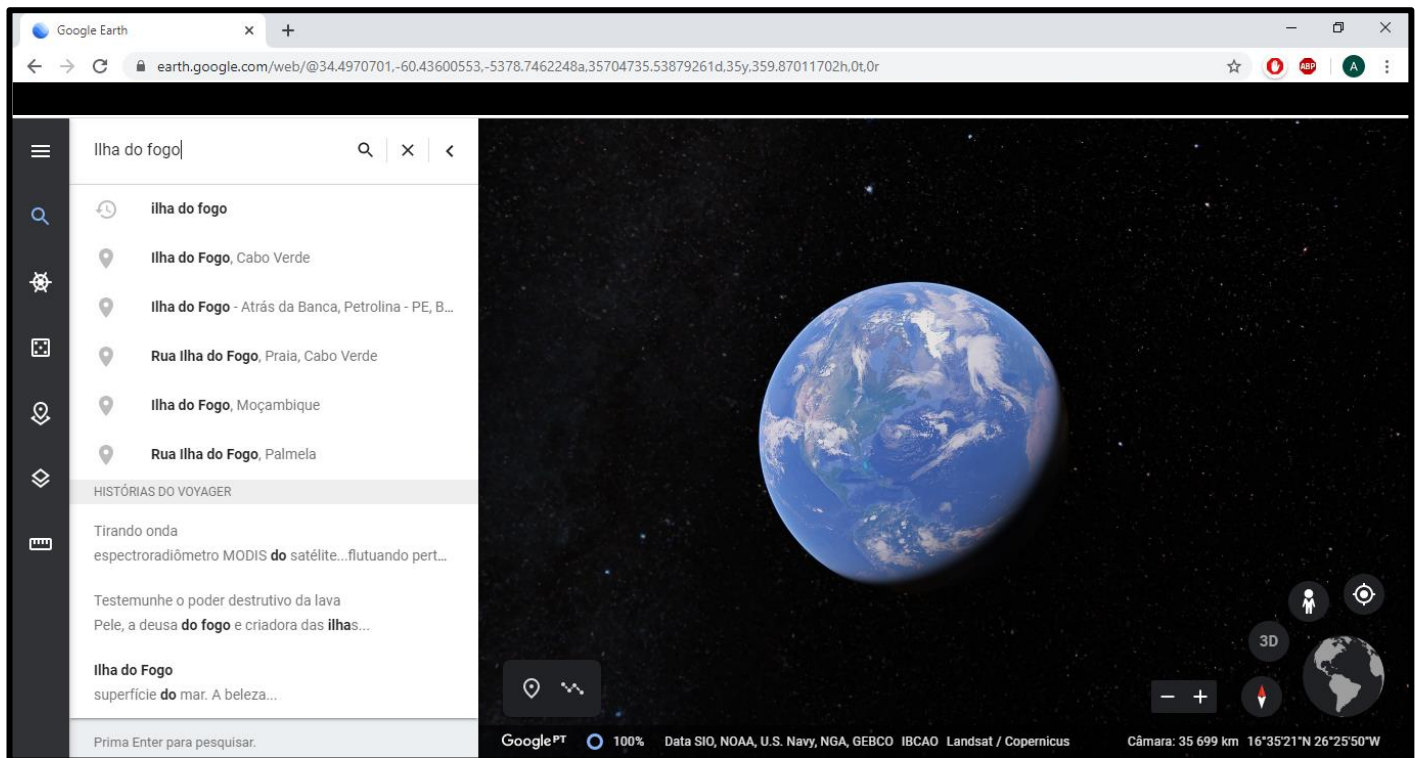


Figura 3 Viaje até à ilha do Fogo.

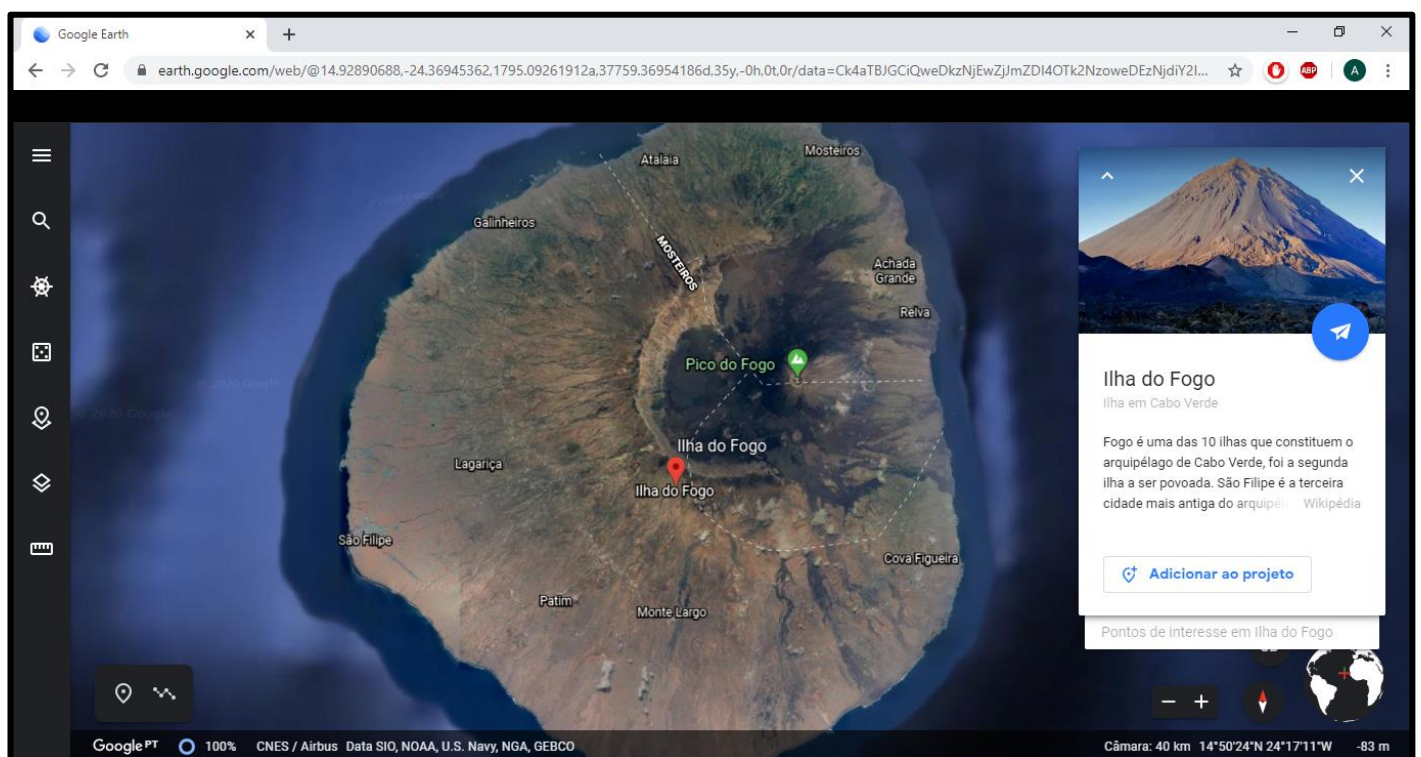


Figura 4. Explore a ilha!

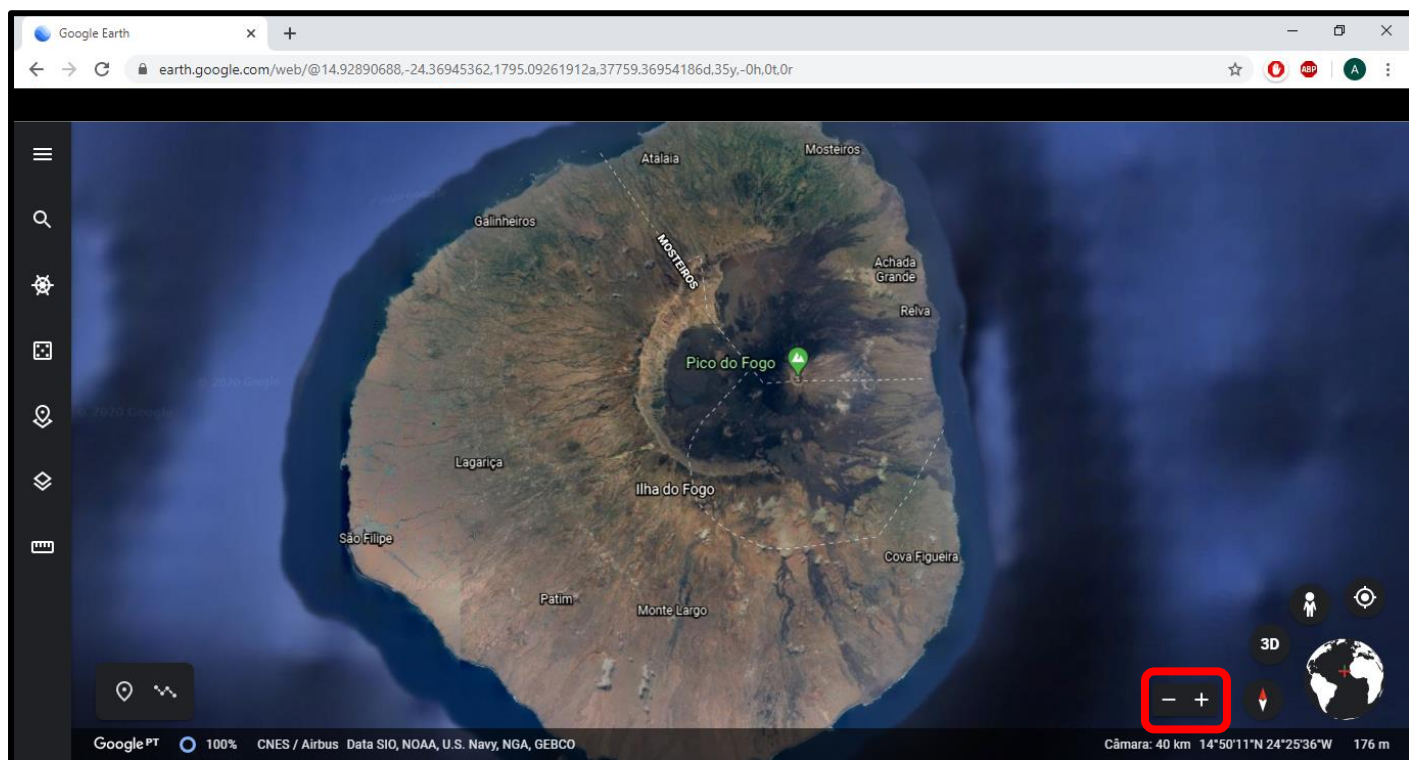


Figura 5. Utilize a roda do rato ou o ícone assinalada para fazer zoom-in ou zoom-out.

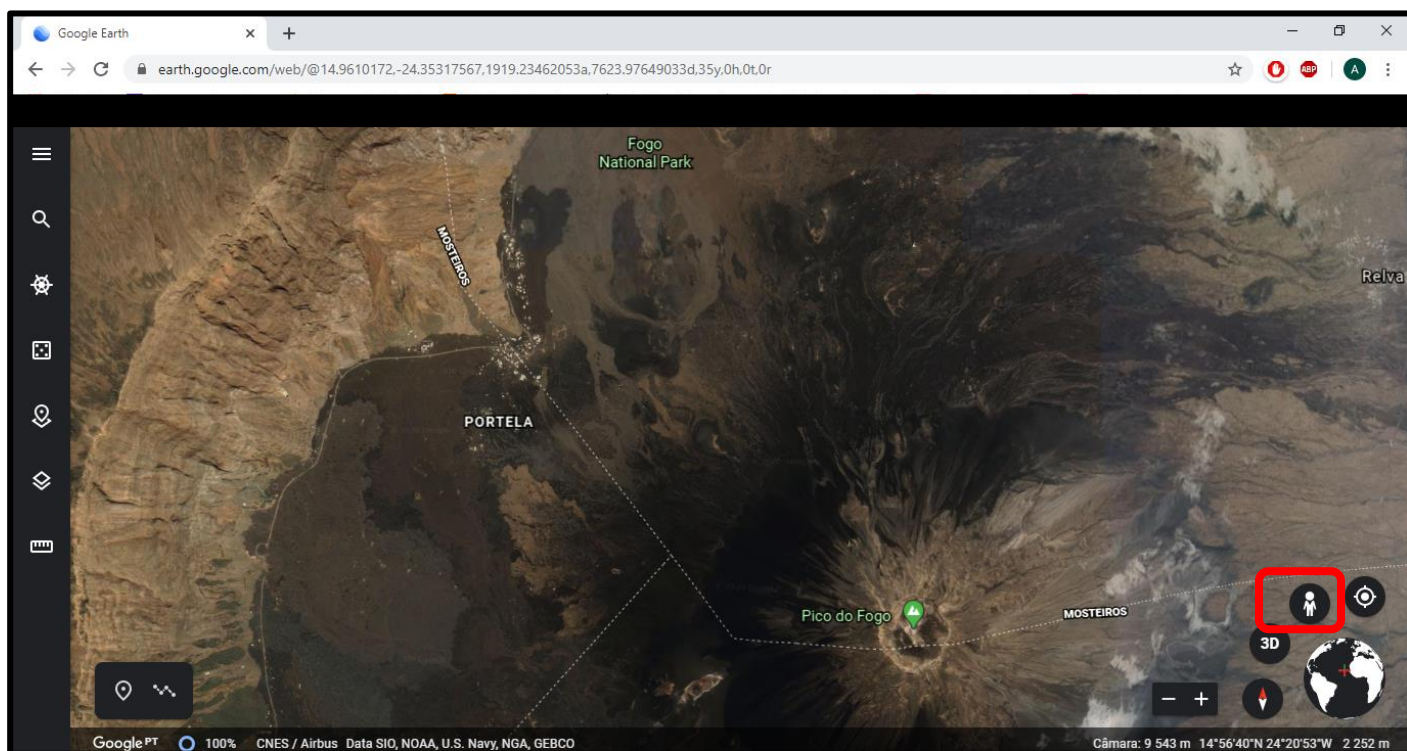


Figura 6. Aproxime até à região de interesse e clique no ícone assinalado.



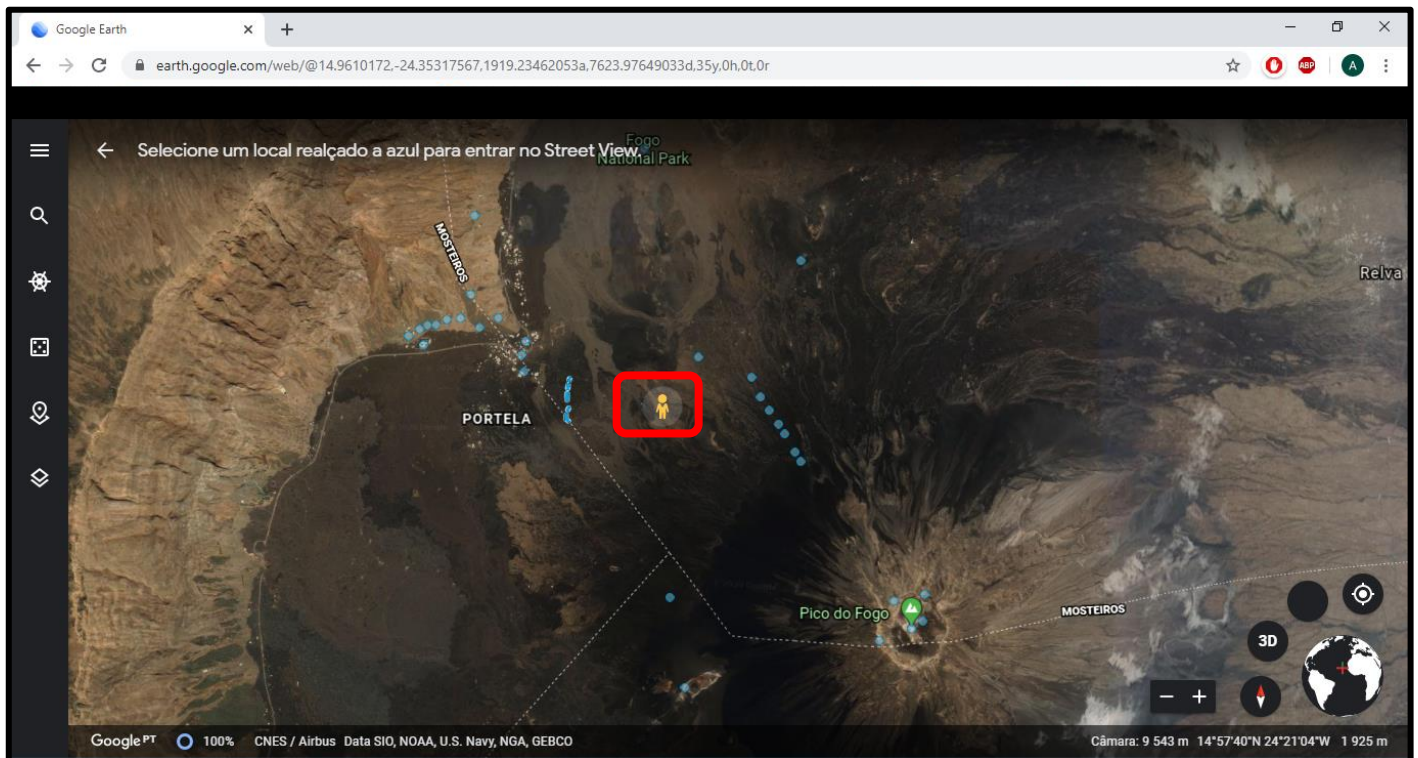


Figura 7. Clique no ícone e sem largar o botão esquerdo do rato arraste-o para a região a explorar! Os pontos a azul são aqueles que pode observar do terreno. Largue o ícone no ponto desejado.

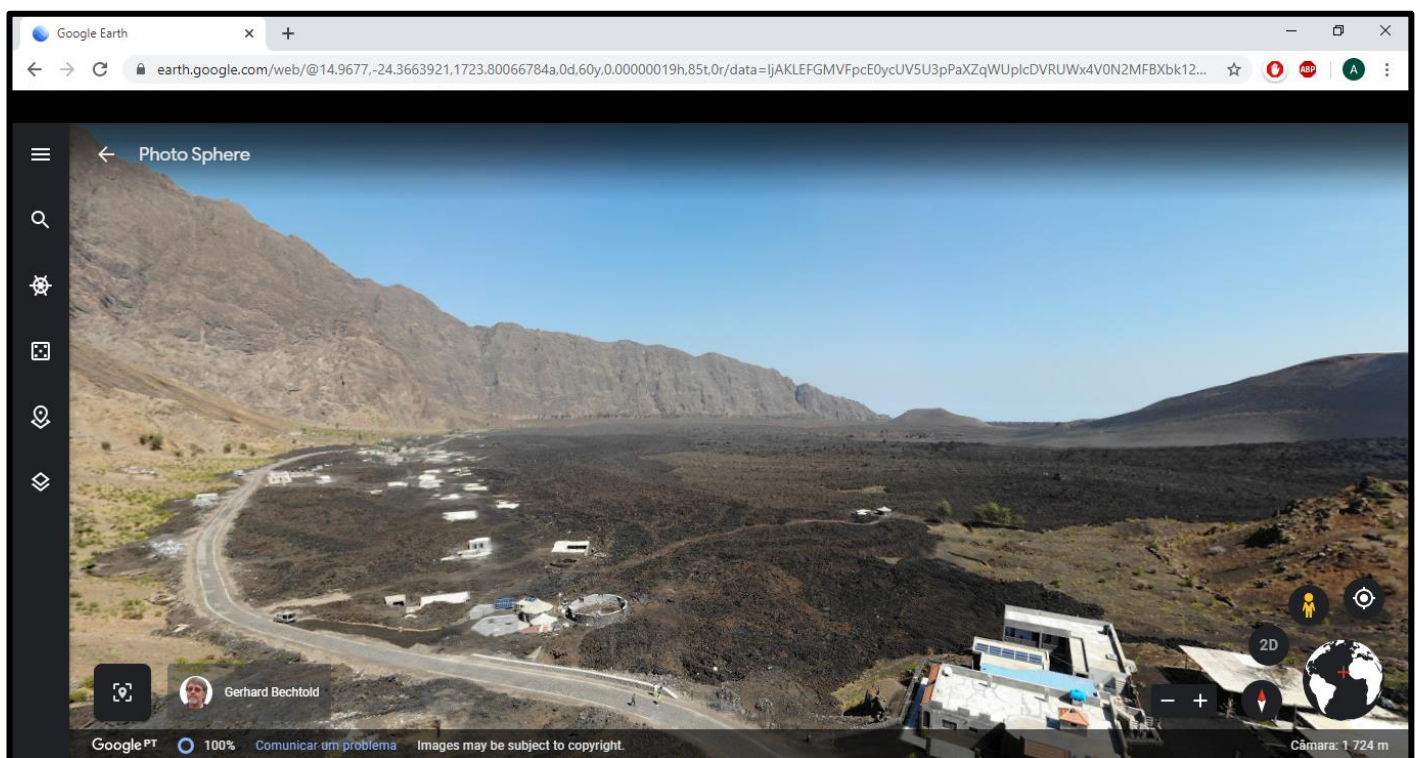


Figura 8. Chegou a um dos seus destinos. Utilize o rato para rodar a imagem.



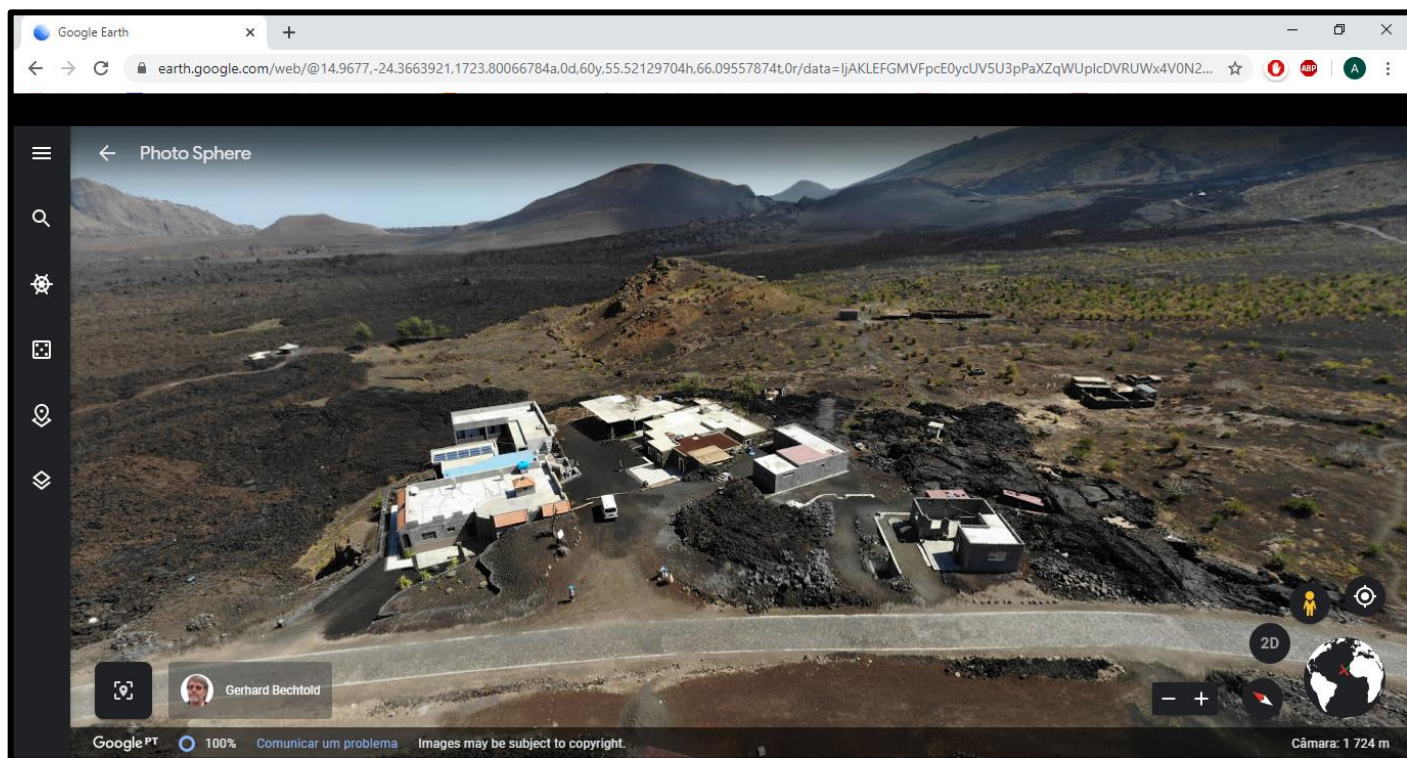


Figura 9. Explore tudo à sua volta!

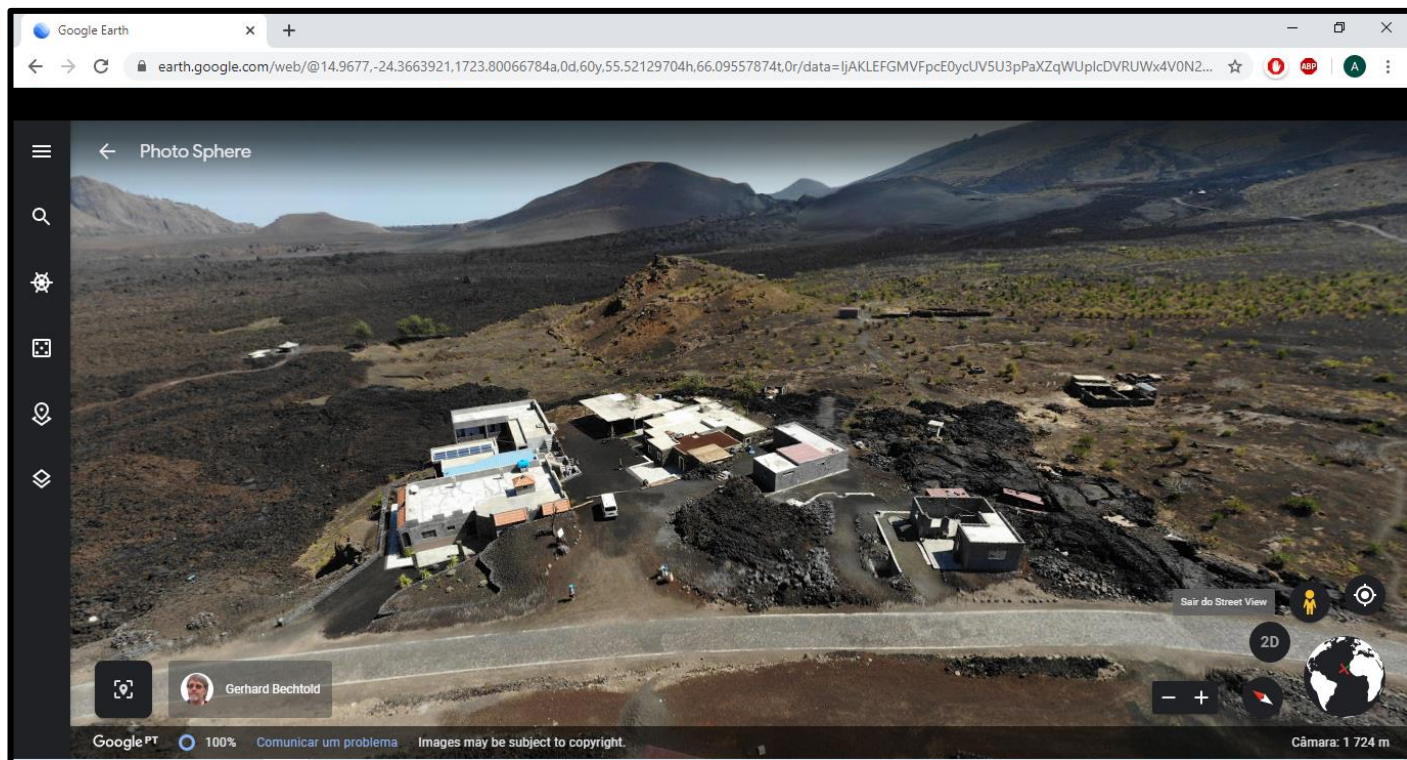


Figura 10. Para sair da vista clique no ícone assinado.



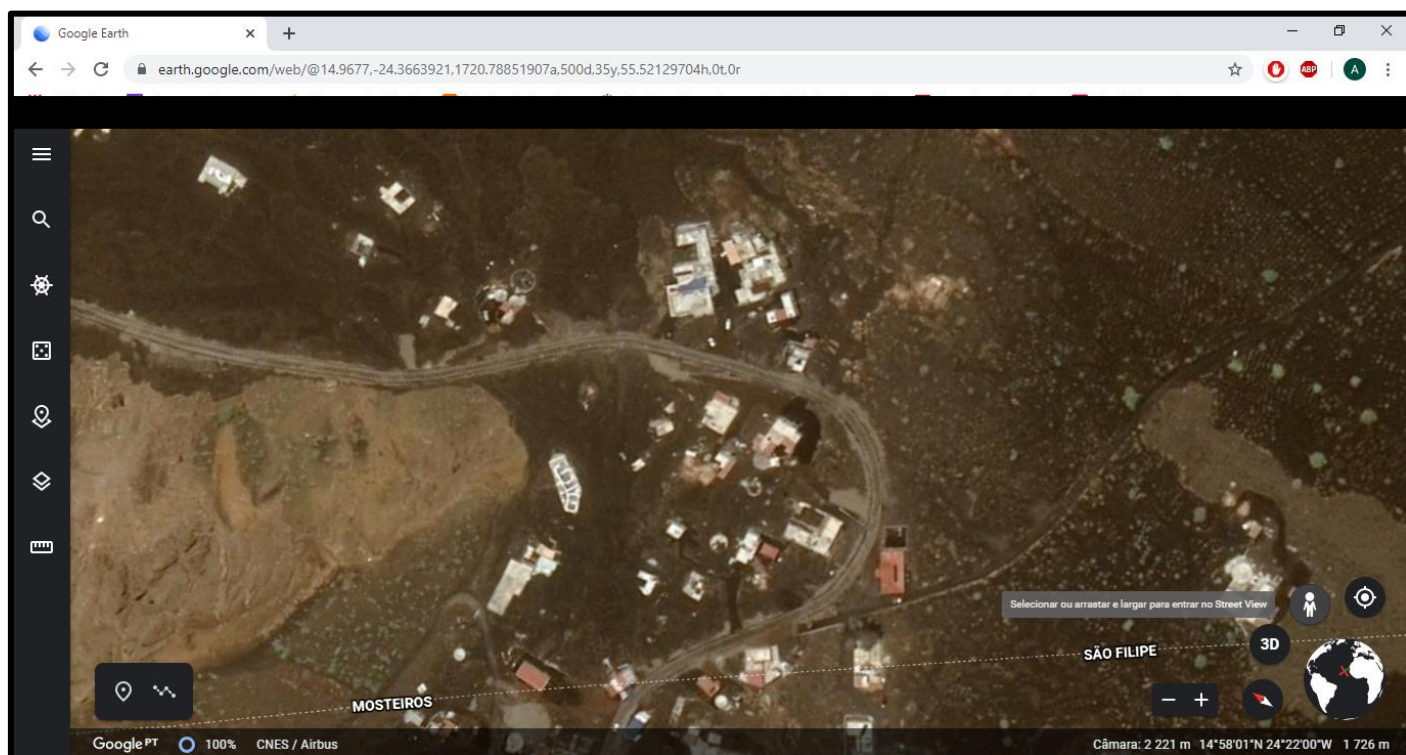


Figura 11. Faça zoom-out para observar melhor a ilha.

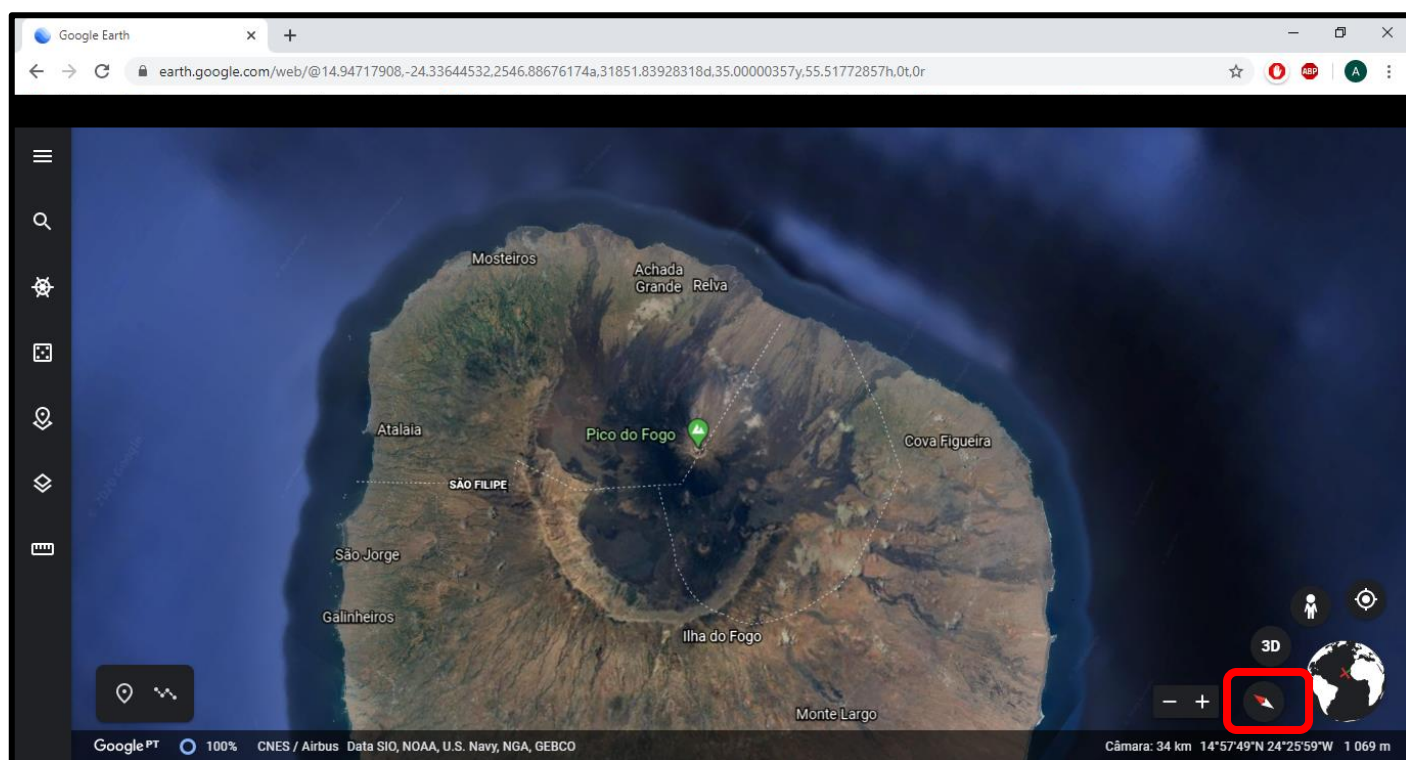


Figura 12. Para voltar à orientação original clique no ícone assinalado.

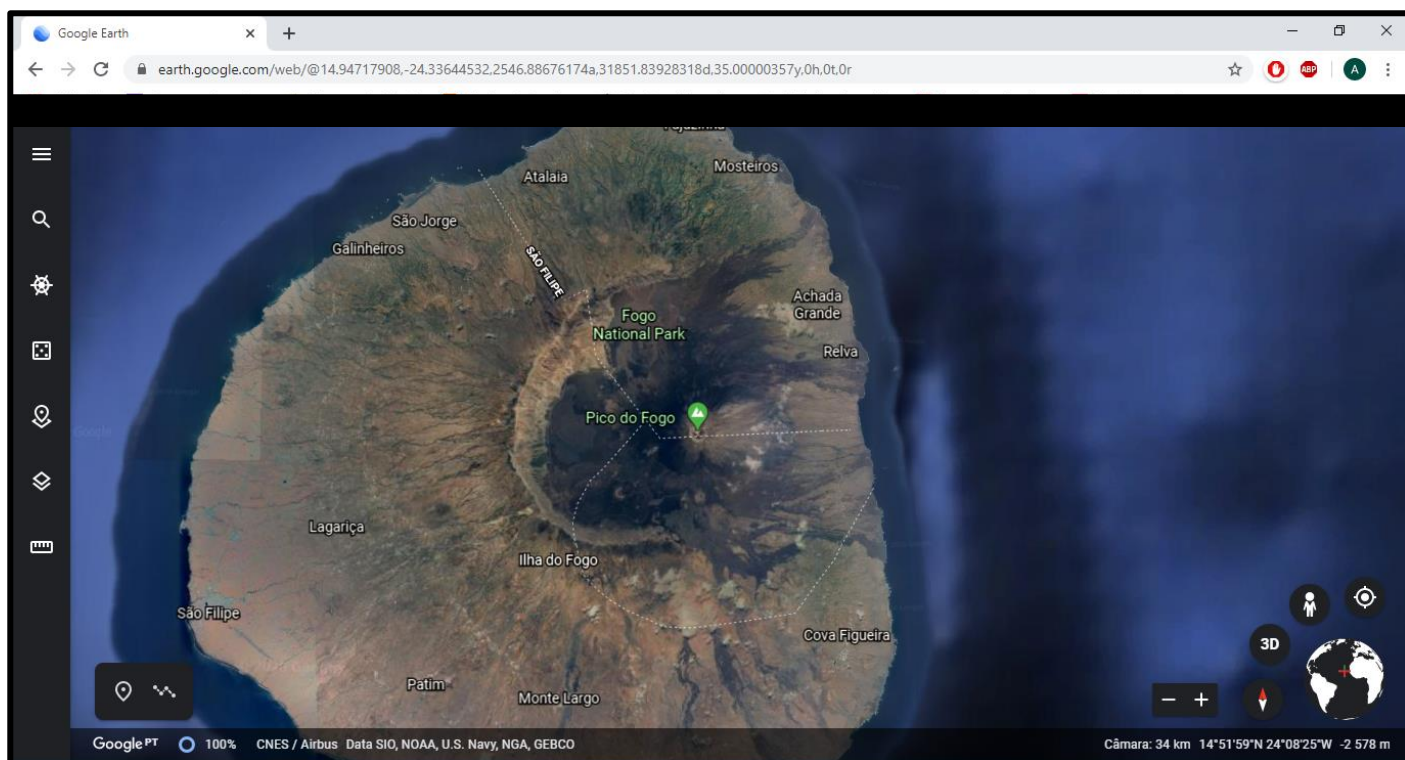


Figura 13. Continue a explorar!

## Apêndice M

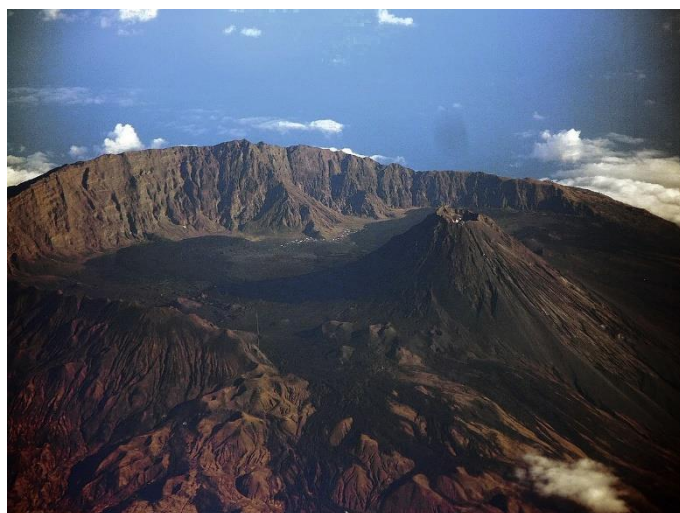
### Questionário pré-exercício de tomada de decisão

#### Questionário individual

Nome: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_

Este questionário foi realizado no âmbito da disciplina de Introdução à Prática Profissional IV, do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia. É apenas um questionário de opinião pelo que **não há respostas certas ou erradas**.

Foi-lhe introduzida uma controvérsia sociocientífica que vamos analisar ao longo das próximas aulas. Na ilha do Fogo, em Cabo Verde, existe uma população que vive ao lado de um vulcão ativo numa região chamada Chã das Caldeiras. Apesar do perigo e de tempos a tempos as localidades povoadas de Chã das Caldeiras serem destruídas pelos derrames lávicos a população acaba por regressar às localidades de maior perigosidade, mesmo depois do governo tentar realojar a população noutros locais da ilha.



O que pensa sobre esta controvérsia sociocientífica?

Por que vive a população de Chã de Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?

Muito obrigado pelas vossas respostas! 😊



## Apêndice N

### Guião de como criar um *podcast*

#### Como gravar o podcast?

Como não vão conseguir gravar o podcast em conjunto apresento-vos uma alternativa. Podem utilizar outros programas que conheçam.

- 1) Comecem por abri o PowerPoint.
- 2) Em cada slide coloquem as falas de cada elemento do grupo, como no exemplo abaixo:

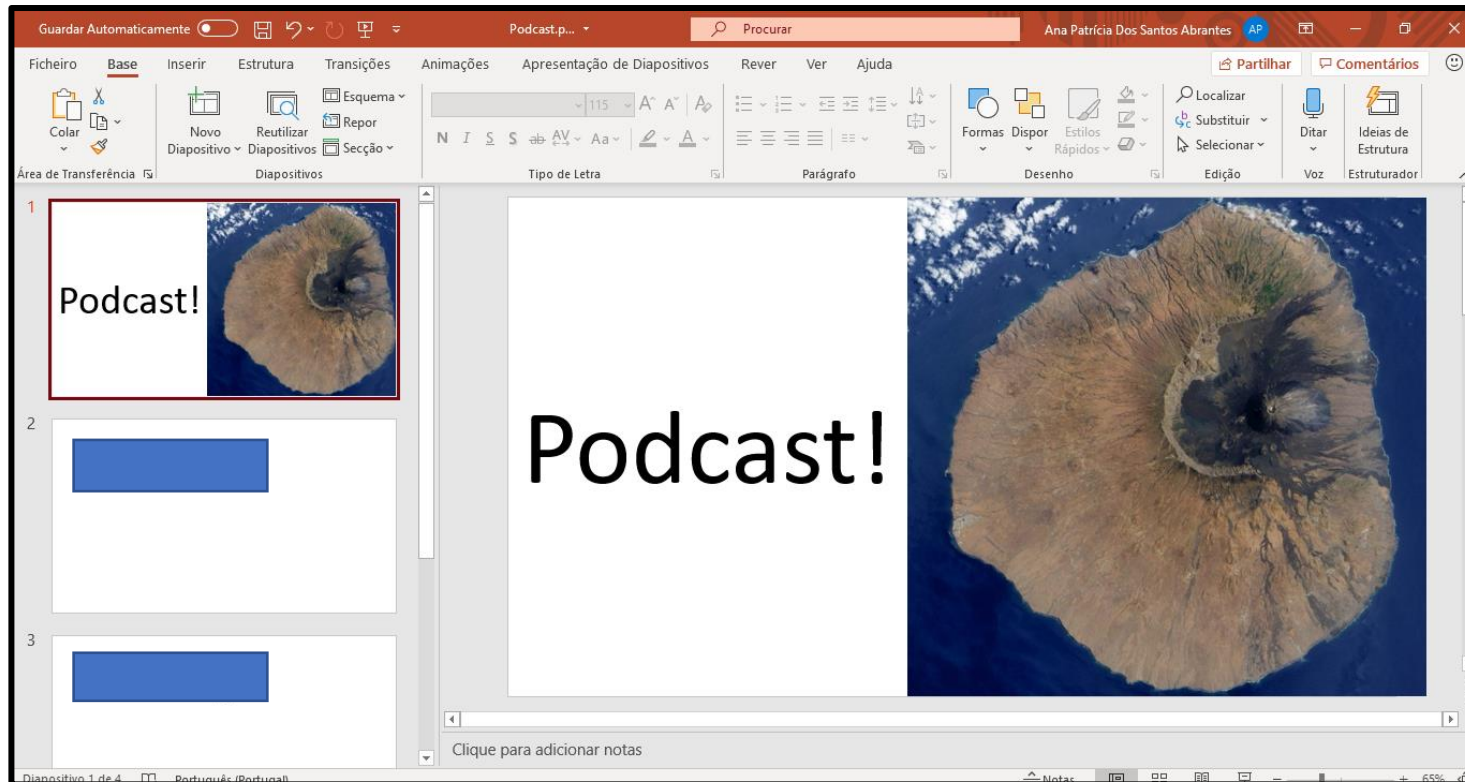


Figura 1 Exemplo PowerPoint.

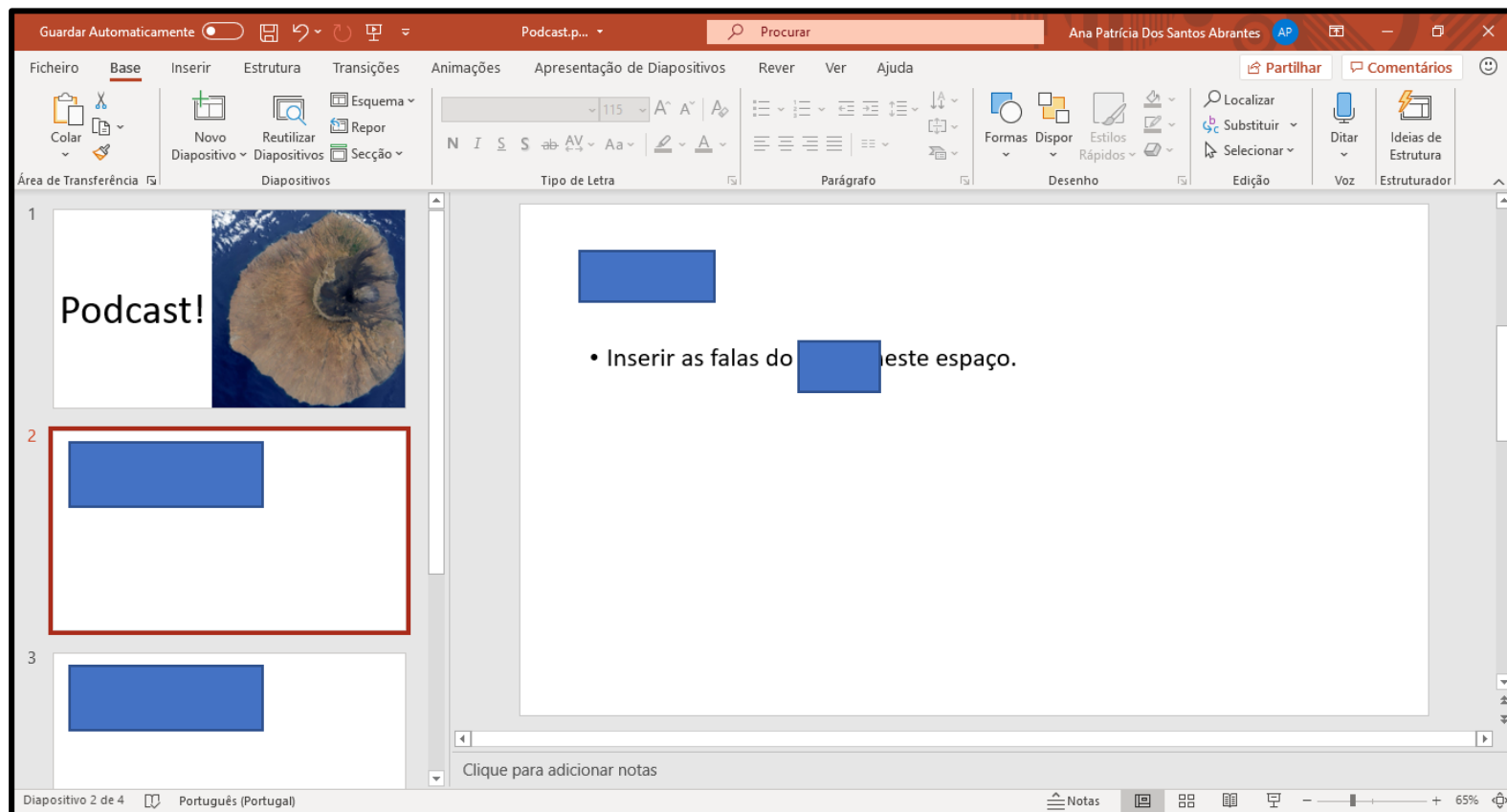


Figura 2 Insiram as falas nos diferentes slides.

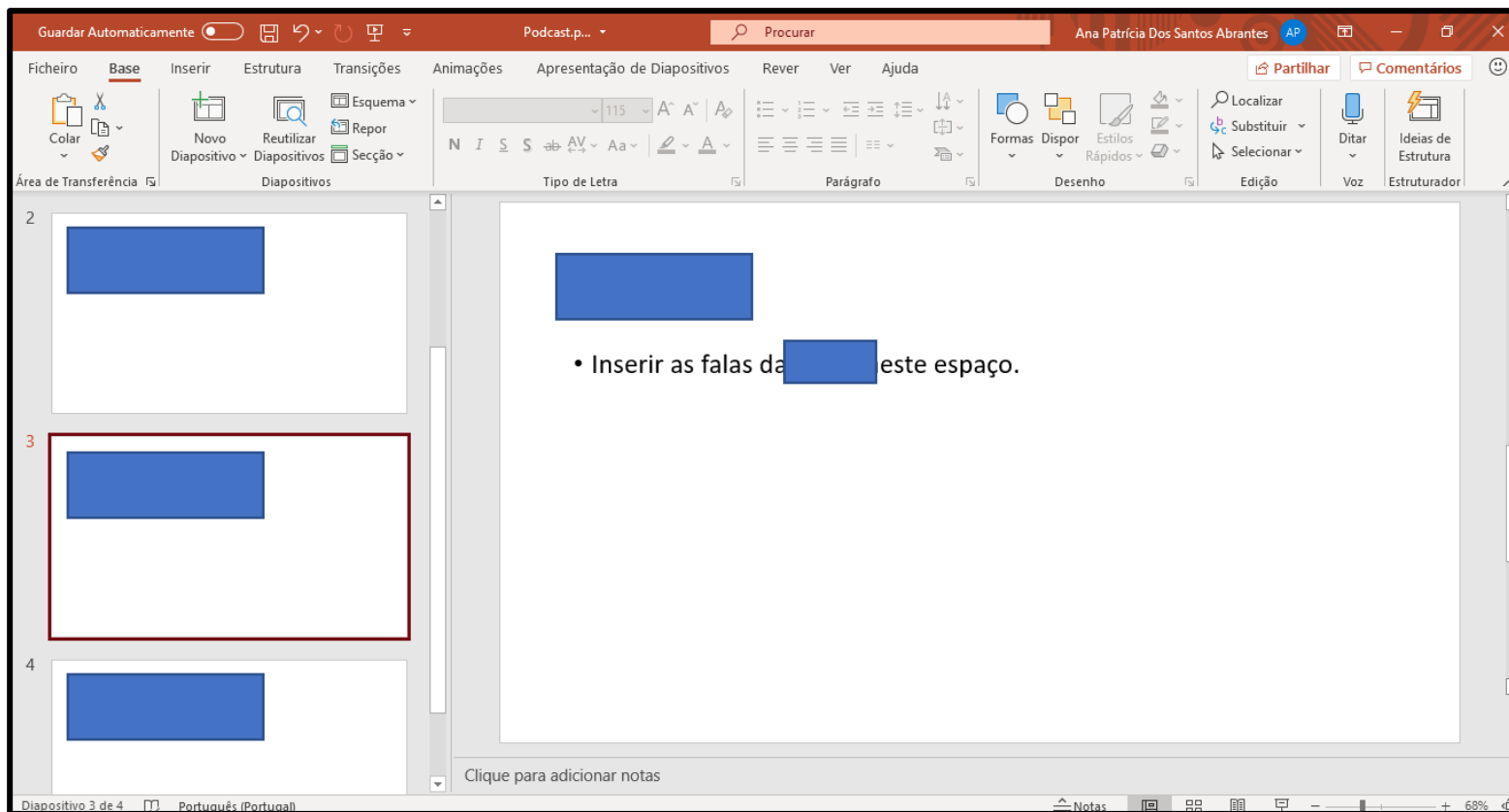


Figura 3 Insiram as falas nos diferentes slides.

- 3) Não se esqueçam que os elementos do grupo podem falar mais do que uma vez!
- 4) Cada elemento do grupo grava a sua voz no seu slide.

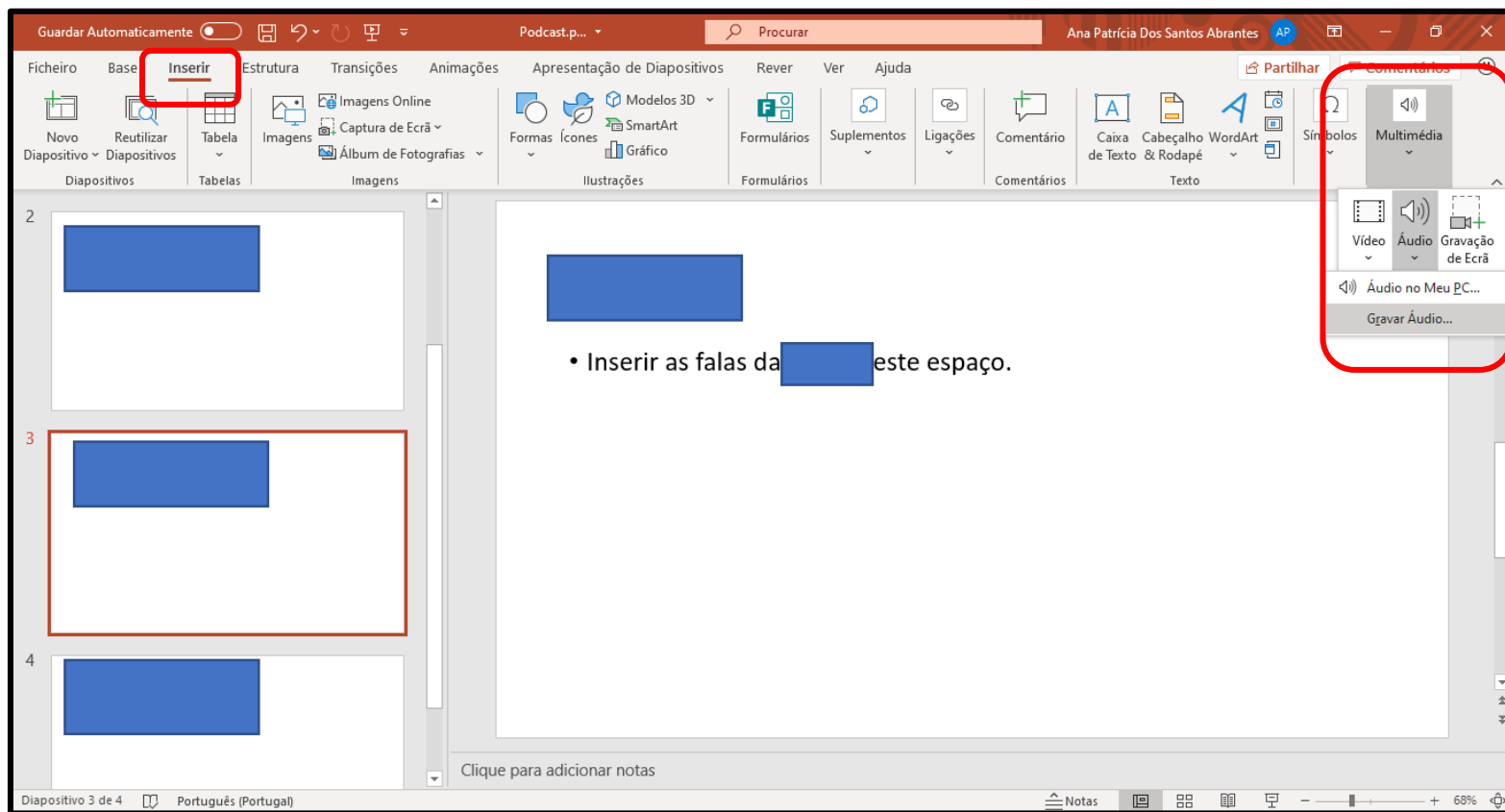


Figura 4 Como gravar a voz num slide.



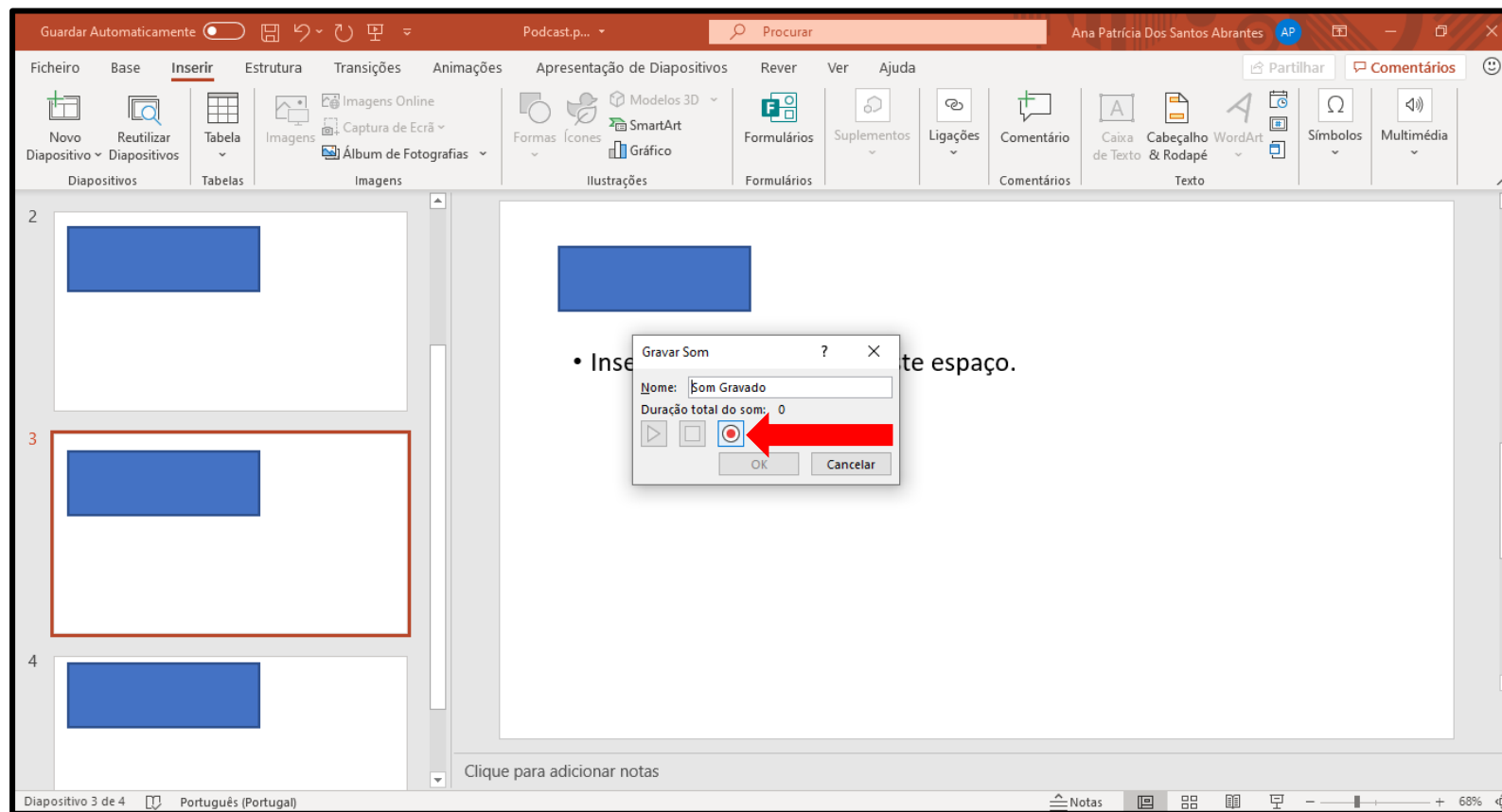


Figura 5 Como gravar a voz num slide.

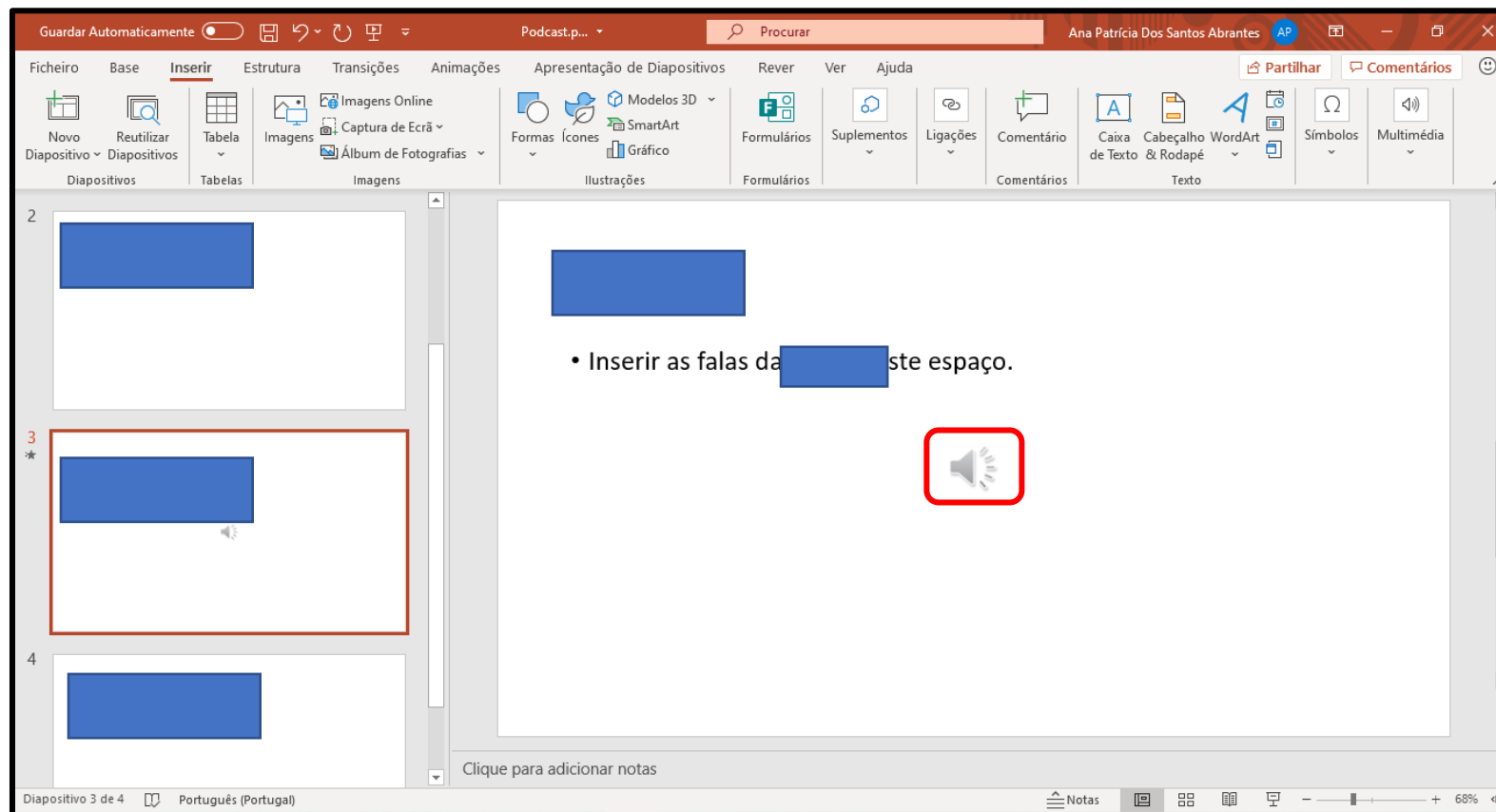


Figura 6 Ícone de gravação no slide.

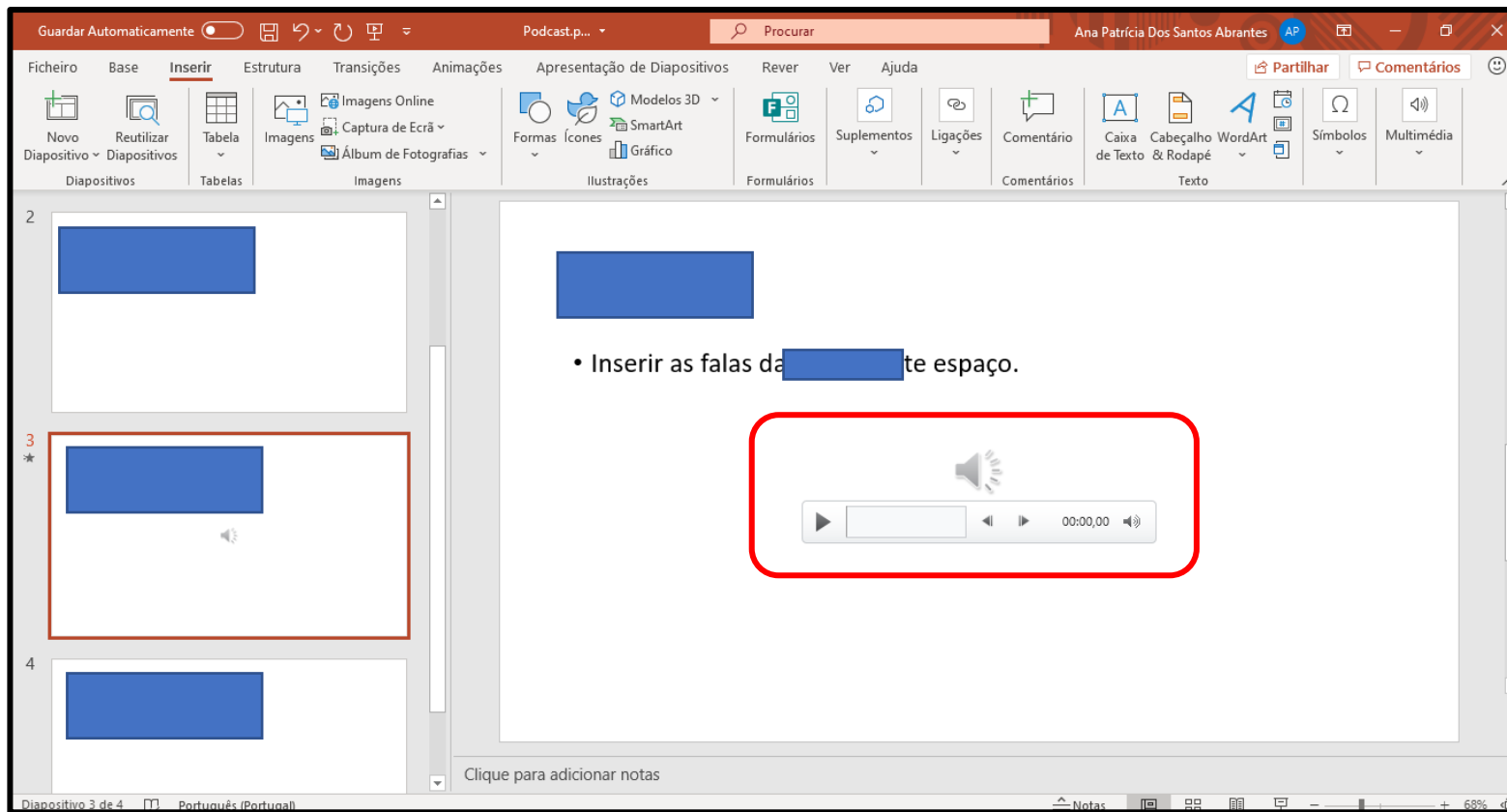


Figura 7 Podem reproduzir o áudio presente no slide ao clicar no play.

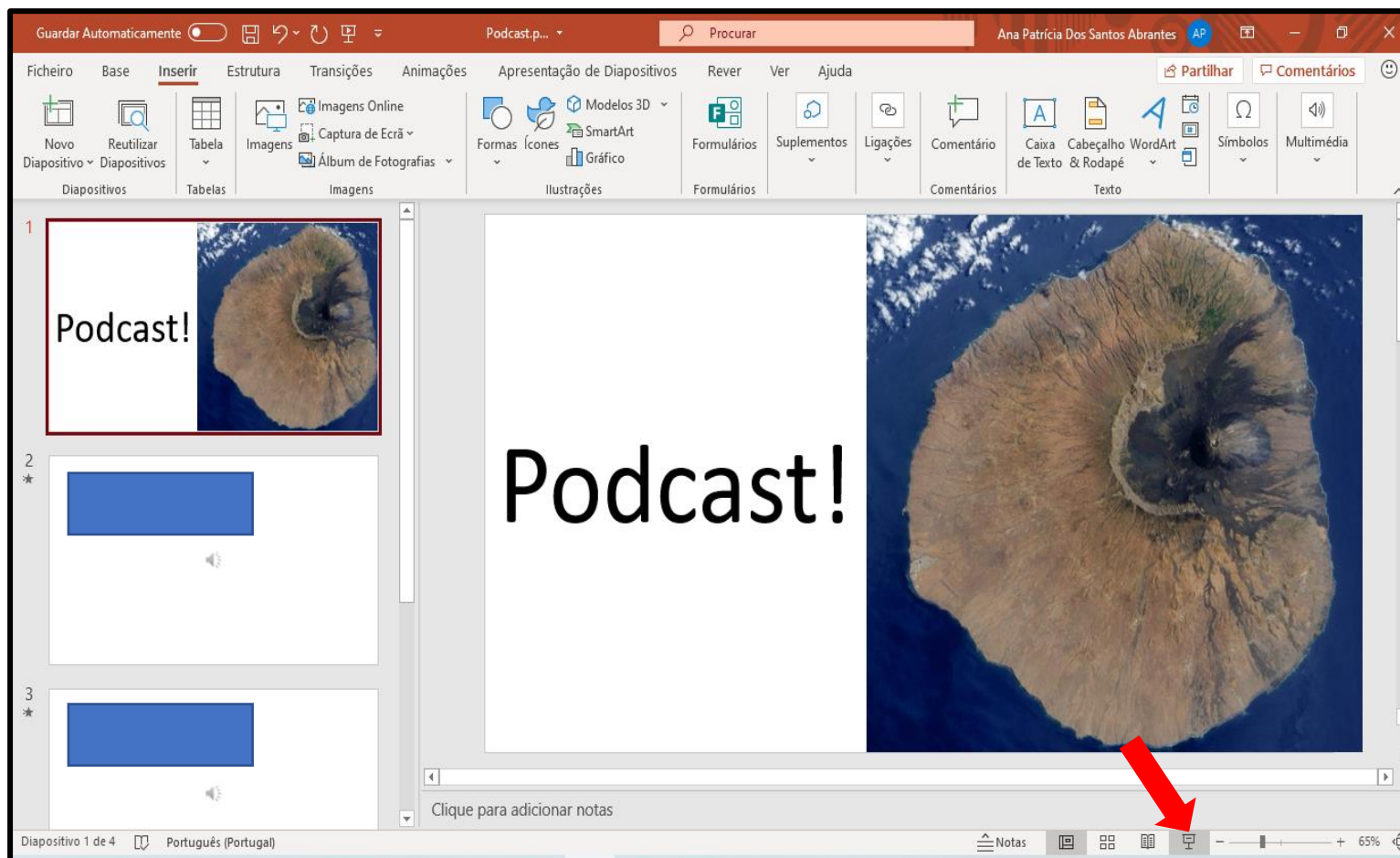


Figura 8 Podem reproduzir os diferentes áudios gravados e os slides ao clicar no ícone assinalado com a seta a vermelho.

**Nota importante:** Devem enviar-me o PowerPoint com as falas de cada aluno e as gravações completas. A transformação do PowerPoint em Podcast é realizada por mim! Aguardem uns dias e o vosso Podcast vai ficar disponível para todos aprenderem!

## Apêndice O

### Grelha de avaliação: atividade experimental sobre a viscosidade da lava

<b>Critérios de avaliação – Atividade experimental sobre viscosidade da “lava”</b>					
<b>Critérios</b>		<b>Nível 4</b>	<b>Nível 3</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 1</b>
<b>Capa (2.5%)</b>		Capa com todos os elementos necessários como o nome, o número de aluno, o nome da atividade, uma fotografia alusiva à atividade e o logótipo da escola.	Capa com a maioria dos elementos necessários.	Capa com menos de metade dos elementos necessários.	Trabalho com uma capa onde faltam quase todos os elementos necessários.
<b>Índice (2.5%)</b>		Trabalho com um índice que permite a correta separação de todos os elementos do relatório.	Trabalho com um índice que permite a correta separação da maioria dos elementos do relatório.	Trabalho com um índice que permite a correta separação de alguns dos elementos do relatório.	Trabalho com um índice muito incompleto e que não permite a correta separação dos elementos do relatório.
<b>Introdução (12.5 %)</b>		Explora corretamente todos os tópicos das questões orientadoras na introdução.	Explora corretamente a maioria dos tópicos das questões orientadoras na introdução.	Explora corretamente menos de metade dos tópicos das questões orientadoras na introdução.	Não explora os tópicos das questões orientadoras na introdução.
<b>Planificação</b>	<b>Hipóteses (10%)</b>	As duas hipóteses fazem sentido de acordo com o problema proposto e são passíveis de serem testadas.	As duas hipóteses fazem sentido de acordo com o problema proposto, mas são difíceis de serem testadas.	Uma das hipóteses faz sentido de acordo com o problema proposto e é passível de ser testada.	As duas hipóteses não fazem sentido de acordo com o problema proposto.
	<b>Variáveis (10%)</b>	Todas as variáveis estão corretamente definidas.	Três das quatro variáveis estão corretamente definidas.	Duas das quatro variáveis estão corretamente definidas.	Uma das quatro variáveis estão corretamente definidas.

<b>Apresentação dos resultados (5%)</b>		Todos os termos utilizados para identificar os tubos e as grandezas (distância, tempo e velocidade) estão corretos.	A maioria dos termos utilizados para identificar os tubos e as grandezas (distância, tempo e velocidade) estão corretos.	Menos de metade dos termos utilizados para identificar os tubos e as grandezas (distância, tempo e velocidade) estão corretos.	Os termos utilizados para identificar os tubos e as grandezas (distância, tempo e velocidade) não estão corretos.
<b>Resultados (10%)</b>		Todos os resultados apresentados estão corretos.	A maioria dos resultados estão corretos.	Menos de metade dos resultados estão corretos.	Os resultados apresentados não estão corretos ou os que são apresentados não são os pedidos.
<b>Discussão (30%)</b>	<b>Fator: temperatura (15%)</b>	Explora corretamente os três tópicos.	Explora corretamente os dois tópicos.	Explora corretamente um dos tópicos.	Não explora nenhum dos tópicos.
	<b>Fator: conteúdo em sílica (15%)</b>	Explora corretamente três dos tópicos.	Explora corretamente dois dos tópicos.	Explora corretamente um dos tópicos	Não explora nenhum dos tópicos.
<b>Legendas (5%)</b>		Todas as legendas das figuras, tabelas ou quadros estão corretas.	A maioria das legendas das figuras, tabelas ou quadros estão corretas.	Menos de metade das legendas figuras, tabelas ou quadros estão corretas.	As legendas das figuras, tabelas ou quadros não estão corretas.
<b>Referências (2.5%)</b>		Todas as referências estão corretamente apresentadas.	A maioria das referências estão corretamente apresentadas.	Menos de metade das referências estão corretamente apresentadas.	As referências não estão corretamente apresentadas.
<b>Rigor científico (10%)</b>		Todos os conceitos são utilizados de forma correta.	A maioria dos conceitos é utilizada de forma correta, ocorrendo até três incorreções.	Alguns conceitos não são utilizados de forma correta, ocorrendo mais de três incorreções.	Os conceitos são utilizados de forma incorreta ao longo de todo o trabalho.

## Apêndice P

### Grelha de avaliação atividade 1: Exploração virtual da ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth*

Critérios de avaliação – Atividade 1: Google Earth				
Critérios	Nível 4	Nível 3	Nível 2	Nível 1
<b>Enquadramento geográfico e tectónico</b>	Todos os tópicos são explorados corretamente.	A maioria dos tópicos são explorados corretamente.	Menos de metade dos tópicos são explorados corretamente.	Os tópicos não são explorados corretamente.
<b>Exploração virtual à ilha do Fogo – <i>Google Earth Online</i></b>	Incluem imagens de todas as regiões sugeridas e ainda acrescentam outras imagens interessantes e relevantes.	Incluem imagens de todas as regiões sugeridas.	Incluem imagens de três a quatro das regiões sugeridas.	Incluem imagens de uma ou duas das regiões sugeridas.
<b>Legendas</b>	Todas as imagens estão corretamente legendadas. As legendas enriquecem o trabalho e permitem compreender melhor a região em estudo.	Todas as imagens estão corretamente legendadas.	A maioria das imagens está corretamente legendada.	Algumas ou nenhuma das imagens estão corretamente legendadas.
<b>Rigor científico</b>	Os conceitos e as informações são apresentados sem incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam até duas incorreções científicas	Os conceitos e as informações apresentam até três incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam mais de três incorreções científicas.

## Apêndice Q

### Grelha de avaliação atividade 3: Investigação e síntese do especialista

<b>CrITÉRIOS de avaliação – Atividade 3: Síntese do especialista</b>				
<b>CrITÉRIOS</b>	<b>NÍVEL 4</b>	<b>NÍVEL 3</b>	<b>NÍVEL 2</b>	<b>NÍVEL 1</b>
<b>Domínio do conteúdo – questões propostas</b>	Explora corretamente todos os tópicos das questões orientadoras para o seu tema.	Explora corretamente a maioria dos tópicos das questões orientadoras para o seu tema.	Explora corretamente menos de metade dos tópicos das questões orientadoras para o seu tema.	Não explora os tópicos das questões orientadoras para o seu tema.
<b>Domínio do conteúdo – questão livre</b>	Responde corretamente à questão livre e com informações que permitem ajudar a compreender a controvérsia em estudo, através de referências novas.	Responde corretamente à questão livre e com informações que permitem ajudar a compreender a controvérsia em estudo, através das referências facultadas.	Responde de forma suficiente à questão livre, mas as informações recolhidas contribuem pouco para a compreensão da controvérsia em estudo. Utiliza referências novas ou facultadas.	Não responde à questão livre ou as informações recolhidas não contribuem para a compreensão da controvérsia em estudo. Utiliza referências novas ou facultadas.
<b>Compreensão da informação</b>	As informações recolhidas relacionam-se de forma lógica evidenciando uma profunda compreensão do tema.	Na maioria das vezes as informações recolhidas relacionam-se de forma lógica evidenciando uma boa compreensão do tema.	As informações recolhidas relacionam-se apenas pontualmente de forma lógica evidenciando uma suficiente compreensão do tema.	Apresenta as informações recolhidas em forma de tópicos sem qualquer relação entre si, evidenciando uma fraca compreensão do tema.



<b>Rigor científico</b>	Os conceitos e as informações são apresentados sem incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam até duas incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam até três incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam mais de três incorreções científicas.
<b>Clareza da síntese</b>	A síntese está muito bem escrita.	A síntese está bem escrita.	A síntese por vezes está confusa.	A síntese não está bem escrita.
<b>Referências</b>	Todas as referências estão corretamente apresentadas.	As referências apresentadas podem ter até 1 forma de erro (ex. data de acesso aos <i>sites</i> ).	As referências apresentadas podem ter até 3 formas de erros (ex. data de acesso aos <i>sites</i> ).	As referências apresentadas têm mais do que 4 formas de erros (ex. data de acesso aos <i>sites</i> ).

Grelha de avaliação adaptada da avaliação presente na página moodle da UC MEBG2 (2019/2020)

## Apêndice R

### Grelha de avaliação atividade 4: Tomada de decisão

Critérios de avaliação – Atividade 4: Tomada de decisão				
Critérios	Nível 4	Nível 3	Nível 2	Nível 1
<b>Decisão e estrutura dos argumentos</b>	A decisão é válida e está muito bem suportada por argumentos lógicos de natureza variada.	A decisão é válida e está suficientemente suportada por argumentos lógicos de natureza variada.	A decisão é válida e está suficientemente suportada, no entanto os argumentos não são de natureza variada.	A decisão pode ou não ser válida, mas não está suportada por argumentos lógicos.
<b>Validade dos argumentos</b>	Todos os argumentos foram construídos com base nas evidências recolhidas.	A maioria dos argumentos foram construídos com base nas evidências recolhidas, apesar de por vezes ocorrer a mobilização de opiniões pessoais.	A maioria dos argumentos foram construídos com base em opiniões pessoais, apesar de por vezes ocorrer a mobilização das evidências recolhidas.	Os argumentos foram construídos apenas com base em opiniões pessoais.
<b>Proposta alternativa e contra-argumentos</b>	A proposta alternativa é válida e está corretamente refutada com base em contra-argumentos lógicos de natureza variada.	A proposta alternativa é válida e está suficientemente refutada com base em contra-argumentos lógicos de natureza variada.	A proposta alternativa é válida e está suficientemente refutada, no entanto os contra-argumentos não são de natureza variada.	A proposta alternativa pode ou não ser válida, mas os contra-argumentos apresentados não permitem refutar esta proposta.
<b>Validade dos contra-argumentos</b>	Todos os contra-argumentos foram construídos com base nas evidências recolhidas.	A maioria dos contra-argumentos foram construídos com base nas evidências recolhidas, apesar de por vezes ocorrer a mobilização de opiniões pessoais.	A maioria dos contra-argumentos foram construídos com base em opiniões pessoais, apesar de por vezes ocorrer a mobilização das evidências recolhidas.	Os contra-argumentos foram construídos apenas com base em opiniões pessoais.
<b>Rigor científico</b>	Os conceitos e as informações apresentados são sem incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam até duas incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam até três incorreções científicas.	Os conceitos e as informações apresentam mais de três incorreções científicas.

## Apêndice S

### Grelha de avaliação atividade 5: *Podcasts*

Critérios de avaliação – Atividade 5: Podcast					
Critérios		Nível 4	Nível 3	Nível 2	Nível 1
Avaliação de Grupo	<b>Conteúdo do Podcast (Google Earth + Síntese do especialista)</b>	Exploram todos os conteúdos pedidos.	Exploram a maioria dos conteúdos pedidos.	Exploram menos de metade dos conteúdos pedidos.	Não exploram os conteúdos pedidos.
	<b>Apresentação da decisão e dos argumentos</b>	Apresentam a decisão do grupo e os argumentos. São capazes de justificar a decisão de forma informada.	Apresentam a decisão do grupo e os argumentos. São capazes de justificar a decisão de forma informada, apesar de com algumas dificuldades.	Apresentam a decisão do grupo e os argumentos. Têm muita dificuldade em justificar a decisão de forma informada.	Apresentam a decisão, mas não apresentam os argumentos.
	<b>Recurso educativo</b>	<i>Podcast</i> com excelente potencial educativo para o público-alvo a que se destina. As informações são introduzidas de forma lógica e são explicadas aos ouvintes.	<i>Podcast</i> com bom potencial educativo para o público-alvo a que se destina. A maioria das informações são introduzidas de forma lógica e são explicadas aos ouvintes.	<i>Podcast</i> com algum potencial educativo para o público-alvo a que se destina. As informações por vezes não são introduzidas de forma lógica e/ou não são explicadas aos ouvintes.	<i>Podcast</i> com fraco potencial educativo para o público-alvo a que se destina. As informações não são introduzidas de forma lógica, nem são explicadas aos ouvintes.
	<b>Rigor científico</b>	Comunicação sem incorreções científicas,	Comunicação com 1 ou 2 incorreções científicas,	Comunicação com algumas	Comunicação com várias incorreções científicas,

		evidenciando um excelente domínio do conteúdo científico.	evidenciando um bom domínio do conteúdo científico.	incorrekções científicas, entre 3 a 5, evidenciando um suficiente domínio do conteúdo científico.	evidenciando um fraco domínio do conteúdo científico.
<b>Avaliação Individual</b>	<b>Clareza e dinâmica vocal</b>	Comunicação clara, muito expressiva e entusiasmante.	Comunicação clara mas por vezes com falta de expressividade.	Comunicação clara mas muito monótona.	Comunicação confusa e sem articulação com os pares.

## Apêndice T

### Grelha de avaliação atividade 6: Discussão da controvérsia sociocientífica

<b>Critérios de avaliação – Atividade 6: Discussão da controvérsia sociocientífica</b>				
<b>Critérios</b>	<b>Nível 4</b>	<b>Nível 3</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 1</b>
<b>Apresentação da decisão e dos argumentos</b>	Contribui para a apresentação da decisão e/ou argumentos do grupo, sendo capaz de os justificar, de forma informada.	Contribui para a apresentação da decisão e/ou argumentos do grupo, sendo capaz de os justificar, de forma informada, embora com algumas dificuldades.	Contribui para a apresentação da decisão e/ou argumentos do grupo, mas não é capaz de os justificar, de forma informada.	Não contribui para a apresentação da decisão e/ou argumentos do grupo.
<b>Participação na discussão</b>	Contribui para o bom funcionamento da discussão participando de forma voluntária, oportuna e interessada.	Contribui para o bom funcionamento da discussão participando algumas vezes de forma voluntária.	Contribui para o bom funcionamento da discussão, no entanto só participa quando solicitado.	Não contribui para o bom funcionamento da discussão e/ou não participa mesmo quando solicitado.
<b>Clareza do discurso</b>	Apresenta um discurso claro, conseguindo transmitir corretamente as suas ideias.	Apresenta um discurso claro durante a maior parte das intervenções, conseguindo transmitir as suas ideias.	Apresenta um discurso pouco claro durante a maior parte das intervenções, no entanto consegue transmitir algumas das suas ideias.	Apresenta um discurso pouco claro e conciso durante as suas intervenções não conseguindo transmitir as suas ideias.
<b>Argumentação</b>	Consegue argumentar e/ou contra-argumentar de forma assertiva e informada mobilizando os conhecimentos adquiridos ao longo do exercício de tomada de decisão para enriquecer a discussão.	Na maioria das vezes consegue argumentar e/ou contra-argumentar de forma assertiva e informada mobilizando os conhecimentos adquiridos ao longo do exercício de tomada de decisão para enriquecer a discussão.	Revela dificuldades em argumentar e/ou contra-argumentar de forma assertiva e informada para enriquecer a discussão.	Não argumenta e/ou contra-argumenta de forma assertiva nem informada, pelo que não contribui para o desenvolvimento da discussão.

<b>Rigor científico</b>	Todos os conceitos são utilizados de forma correta.	A maioria dos conceitos é utilizada de forma correta, ocorrendo um ou dois erros pontuais.	A maioria dos conceitos não é utilizada de forma correta, ocorrendo mais de dois erros.	Não utiliza os conceitos de forma correta.
-------------------------	---	--	---	--

## Apêndice U

### Pesos das atividades do exercício de tomada de decisão

### Avaliação do exercício de tomada de decisão

- Atividade 1 – Exploração virtual à Ilha do Fogo no Google Earth (20%)

Enquadramento geográfico e tectónico (25%)	Exploração virtual à ilha do Fogo – Google Earth Online (25%)	Legendas (25%)	Rigor científico (25%)
--	---	----------------	------------------------

- Atividade 3 – Síntese do especialista (20%)

Domínio do conteúdo – questões propostas (20%)	Domínio do conteúdo – questão livre (20%)	Compreensão da informação (20%)	Rigor científico (20%)	Clareza da síntese (15%)	Referências (5%)
--	---	---------------------------------	------------------------	--------------------------	------------------

- Atividade 4 – Tomada de decisão e estruturação dos argumentos (20%)

Decisão e estrutura dos argumentos (20%)	Validade dos argumentos (20%)	Proposta alternativa e contra-argumentos (20%)	Validade dos contra-argumentos (20%)	Rigor científico (20%)
--	-------------------------------	--	--------------------------------------	------------------------

- Atividade 5 - *Podcast* (25%)

Avaliação de grupo				Avaliação individual
Conteúdo do Podcast (20%)	Apresentação da decisão e dos argumentos (20%)	Recurso educativo (20%)	Rigor científico (20%)	Clareza e dinâmica vocal (20%)

- Atividade 6 – Discussão (15%)

Apresentação da decisão e dos argumentos (20%)	Participação na discussão (20%)	Clareza do discurso (20%)	Argumentação (20%)	Rigor científico (20%)
--	---------------------------------	---------------------------	--------------------	------------------------

- Avaliação global – Exercício de tomada de decisão

Atividade 1 (20%)	Atividade 3 (20%)	Atividade 4 (20%)	Atividade 5 (25%)	Atividade 6 (15%)
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------



## Apêndice V

### Resultados do questionário sobre o acesso a recursos digitais

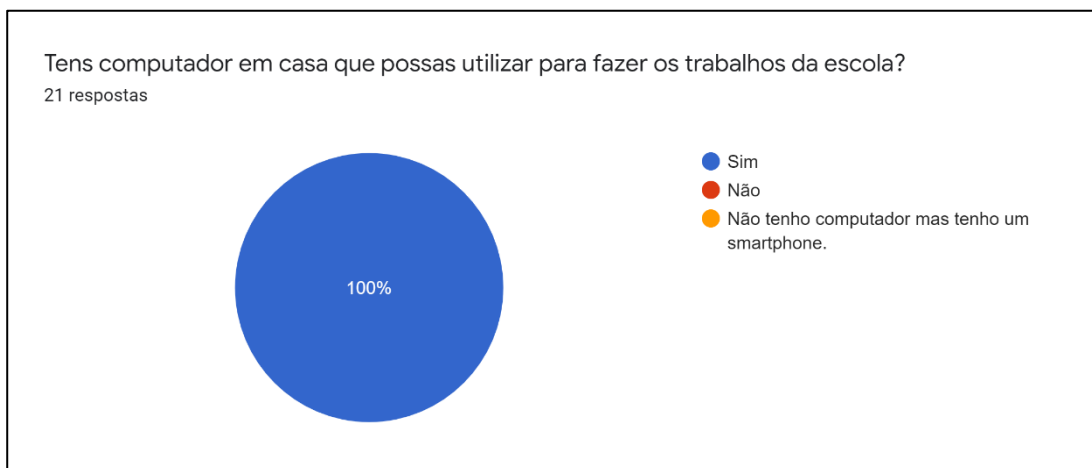


Figura 1V Resultado das respostas dos alunos sobre se tinham acesso ao computador para a realização de trabalhos da escola.

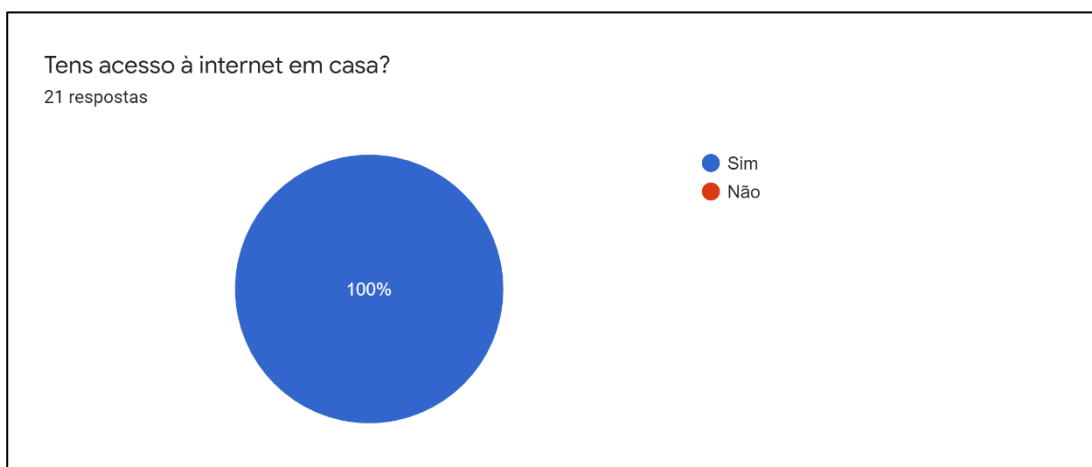


Figura 2V Resultado das respostas dos alunos sobre se tinham acesso à internet em casa.

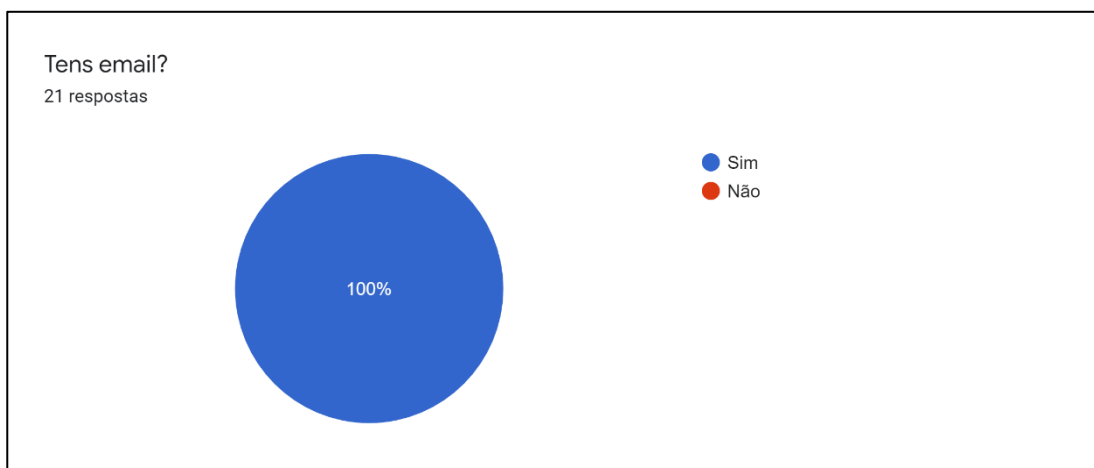


Figura 3V Resultado das respostas dos alunos sobre se tinham email.

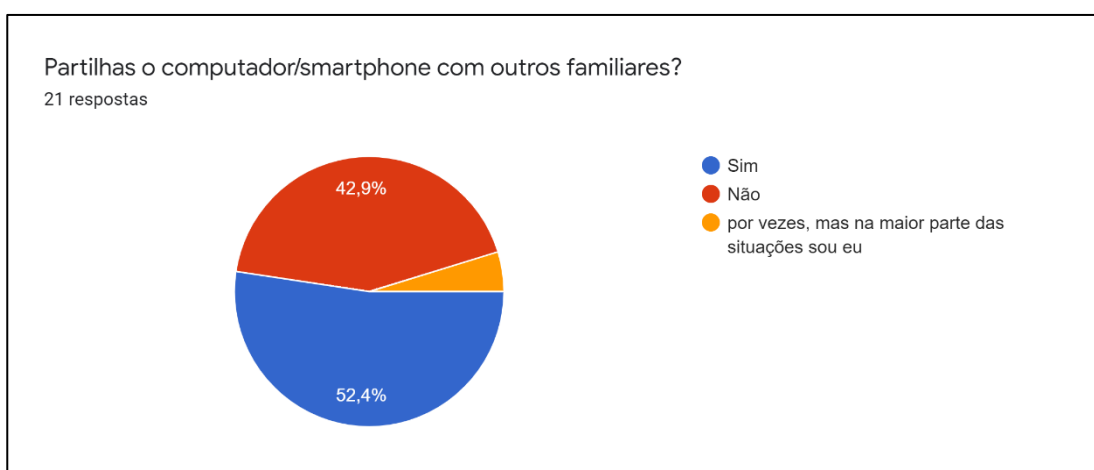


Figura 4V Resultado das respostas dos alunos sobre se partilhavam os recursos digitais com outros familiares.

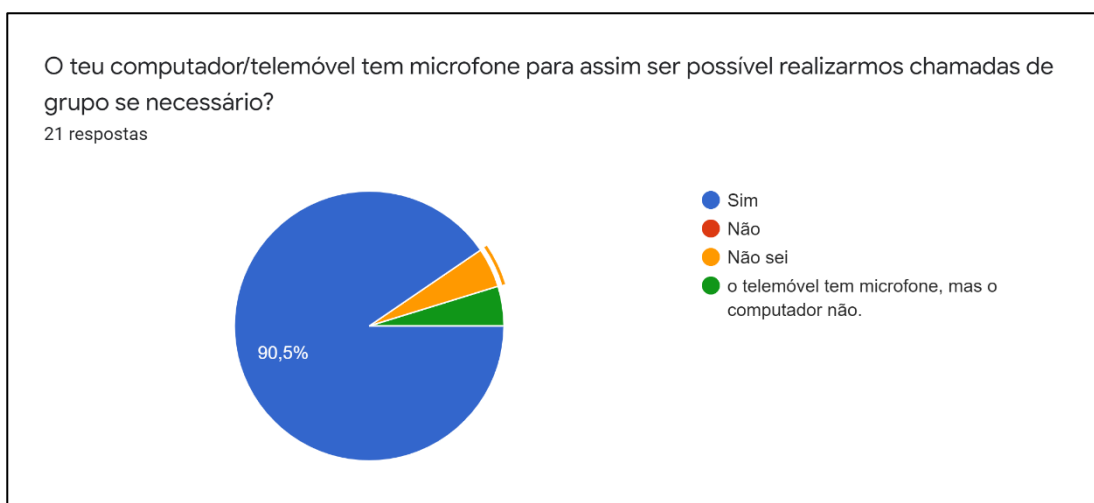


Figura 5V Resultado das respostas dos alunos sobre se o computador/telemóvel tem microfone.

## Apêndice X

### Questionário final da intervenção

#### Questionário final – Exercício de tomada de decisão

Este questionário foi realizado no âmbito da disciplina de Introdução à Prática Profissional IV, do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia. É apenas um questionário de opinião pelo que **não há respostas certas ou erradas. Este questionário é anónimo e tem a duração de 15 minutos (aproximadamente). As suas respostas são muito importantes**

Para explorar a controvérsia sociocientífica:

*Por que vive a população de Chã das Caldeiras ao lado de um vulcão ativo e como minimizar potenciais problemas?*

Foi-te proposto um desafio:

- Identificação das populações em risco em Chã das Caldeiras e tomada de decisão sobre a sua eventual deslocação para outra região.

Para a resolução do desafio foi realizado um **exercício de tomada de decisão em grupo** com várias etapas.

---

#### • Fase de pré-decisão

Antes da decisão em grupo realizaste duas atividades: Exploração da virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* e a Síntese do especialista.

1. Que aspetos positivos destacas destas duas atividades (Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* e a Síntese do especialista)?

---

2. Que aspetos negativos e dificuldades destacas destas duas atividades (Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* e a Síntese do especialista)?

---

3. Que conhecimentos adquiriste nestas duas atividades (Exploração virtual da Ilha do Fogo, Cabo Verde no *Google Earth* e a Síntese do especialista)?

---

---

#### • Fase de decisão

Recorda a atividade de tomada de decisão e estruturação dos argumentos em grupo e responde às seguintes questões.

4. Que aspetos positivos destacas da atividade de tomada de decisão em grupo?

---

5. Que aspetos negativos e dificuldades destacas da atividade de tomada de decisão em grupo?

---

6. Que conhecimentos adquiriste na atividade de tomada de decisão em grupo?

---

7. Assinala a opção que melhor traduz a tua perceção nas seguintes afirmações.

	Concordo totalmente	Concordo	Não sei	Discordo	Discordo totalmente
A exploração virtual à Ilha do Fogo no Google Earth foi importante para a tomada de decisão e para a estruturação dos argumentos de forma informada.					
A atividade de síntese dos especialistas foi importante para a tomada de decisão e para a estruturação dos argumentos de forma informada.					
A pesquisa autónoma na fase de decisão foi importante para a tomada de decisão e para a estruturação dos argumentos de forma informada.					
A tomada de decisão e a estruturação dos argumentos em grupo foi benéfica.					
Compreendi o impacto da decisão tomada em grupo se esta fosse aplicada na situação real.					
Se a tomada de decisão fosse individual a minha decisão seria igual à apresentada pelo meu grupo.					

• **Fase pós-decisão**

Depois da decisão em grupo realizaste duas atividades: Discussão em grupo-turma e o *Podcast*.

8. Que aspetos positivos destacas destas duas atividades (discussão e podcast)?

---

9. Que aspetos negativos e dificuldades destacas destas duas atividades (discussão e podcast)?

---

10. Que conhecimentos adquiriste nestas duas atividades (discussão e podcast)?

---

11. O momento final da discussão em grupo-turma foi importante para a reflexão sobre as diferentes decisões apresentadas? Justifica.
- 

## Tarefa Global - Exercício de tomada de decisão

- Potencialidades educativas dos exercícios de tomada de decisão**

1. Gostaste do exercício de tomada de decisão?

Sim: \_\_\_\_\_ Não: \_\_\_\_\_

2. Que aspetos positivos destacas deste exercício de tomada de decisão?

---

3. Que aspetos negativos e dificuldades destacas deste exercício de tomada de decisão?

---

4. Consideras importante realizar exercícios de tomada de decisão na sala de aula? Porquê?

---

5. Consideras importante discutir controvérsias sociocientíficas na sala de aula? Porquê?

---

6. Assinala em que atividades desenvolveste as seguintes capacidades. Podes assinalar mais do que uma atividade.

Capacidades	Atividades do exercício de tomada de decisão					
	Exploração virtual à ilha do Fogo no <i>Google Earth</i>	Síntese do especialista	Tomada de decisão	Discussão	Podcast	Não desenvolvi esta atitude em nenhuma das atividades.
Análise e interpretação de documentos escritos, audiovisuais e multimodais						
Pesquisa e síntese de informação						
Transformação de informação em conhecimento						
Interpretação, planeamento e utilização de informações para a tomada de decisões						

Argumentação de forma informada						
Comunicação						
Compreensão de informações de natureza científica e humanística						
Avaliação do impacto das suas decisões						
Cooperação e colaboração com os colegas						
Compreensão da dimensão científica para a tomada de decisões						
Criação de produtos						
Manipulação das tecnologias de informação e comunicação						
Outra(s): _____						

7. Assinala em que atividades desenvolveste as seguintes atitudes. Podes assinalar mais do que uma atividade.

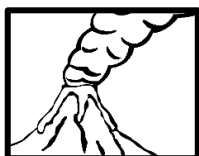
Atitudes	Atividades do exercício de tomada de decisão					
	Exploração virtual à ilha do Fogo no <i>Google Earth</i>	Síntese do especialista	Tomada de decisão	Discussão	Podcast	Não desenvolvi esta atitude em nenhuma das atividades.
Tolerância						
Respeito						
Autonomia						
Espírito crítico						
Responsabilidade						
Outra(s): _____						

8. Desenvolveste outra(s) capacidade(s) ou atitude(s) que não foram apresentadas nas questões anteriores? Se sim, indica essa(s) capacidade(s) e/ou atitude(s) e a(s) atividade(s) onde as desenvolveste.

---

9. Indica sugestões para melhorar este exercício de tomada de decisão no ensino do vulcanismo.

---



Muito obrigado pela colaboração! 😊

## Apêndice Z

### Ficha de auto- e heteroavaliação

#### Ficha de autoavaliação e heteroavaliação

Nome: \_\_\_\_\_ Nº: \_\_\_\_\_

Preencha a ficha de autoavaliação e heteroavaliação sobre as atividades realizadas na unidade do vulcanismo. Responda de forma sincera.

#### Grelha de autoavaliação: fase pré-exercício de tomada de decisão

Faça a avaliação do seu desempenho nas atividades realizadas.

Desempenho	Sempre	Quase sempre	Poucas vezes	Nunca
Realizei os exercícios da ficha formativa pedidos.				
Corrigi os exercícios da ficha formativa durante as sessões síncronas.				
Realizei a ficha do Google Earth na aula síncrona como indicado.				
Entreguei os trabalhos nos prazos definidos.				
Empenhei-me na realização das atividades propostas				
Tirei as minhas dúvidas com a professora.				
Participei nas aulas síncronas.				

#### Grelha de autoavaliação: fase exercício de tomada de decisão

1. Avalie o seu desempenho, ao longo do exercício de tomada de decisão.

Desempenho	Sempre	Quase sempre	Poucas vezes	Nunca
Trabalho em grupo – Exploração virtual à ilha do Fogo ( <i>Google Earth Pro</i> )	Explorei ativamente a Ilha do Fogo no Google Earth.			
	Contribui para a concretização da atividade em grupo.			
	Realizei a atividade no tempo proposto			
Trabalho individual – Síntese do especialista	Empenhei-me ativamente na realização da síntese do especialista.			
	Pesquisei e sintetizei informações relevantes para a elaboração da síntese do especialista.			
	Utilizei os conceitos científicos de forma correta.			
	A minha síntese foi escrita de forma clara.			
	Compreendi que o meu desempenho individual afetaria o desempenho do meu grupo de decisão.			

	Participei na reunião dos especialistas e ajudei os meus colegas.				
	Senti a responsabilidade de realizar um bom trabalho individual pois o meu desempenho afetaria o sucesso do meu grupo.				
	Realizei a atividade no tempo proposto.				
Trabalho em grupo – Tomada de decisão	Enviei a síntese do especialista ao meu grupo e esclareci as dúvidas que me foram colocadas para assim tomarmos uma decisão informada.				
	Colaborei com os outros elementos do grupo para a tomada de decisão e estruturação dos argumentos.				
	Colaborei com os outros elementos do grupo para a descrição de uma proposta alternativa e para a construção dos contra-argumentos.				
	Contribui para o bom funcionamento do grupo de decisão.				
	Realizei a atividade no tempo proposto.				
	Avaliei o impacto da decisão do meu grupo se esta fosse aplicada numa situação real.				
Trabalho em grupo - Podcast	Contribuí ativamente para a concretização do <i>podcast</i> .				
	Participei ativamente para criar um podcast com potencial educativo.				
	Utilizei os conceitos científicos de forma correta.				
	Realizei a atividade no tempo proposto.				
	Colaborei com os meus colegas para a concretização do <i>podcast</i> .				
	Contribui para o bom funcionamento do grupo de decisão.				
Trabalho em grupo – Discussão	Participei ativamente na discussão.				
	Mobilizei os conhecimentos adquiridos ao longo do exercício de tomada de decisão para enriquecer a discussão.				
	Fui capaz de argumentar e contra-argumentar durante a discussão.				
	Fui capaz de elaborar um discurso claro para explicar as minhas ideias.				
	Aceitei pontos de vista diferentes dos meus.				
	Contribui para a apresentação da decisão e/ou argumentos do grupo				



### Heteroavaliação- Exercício de tomada de decisão 1

Avalie o desempenho dos seus colegas de grupo, ao longo do exercício de tomada de decisão.

Nome do elemento do grupo: \_\_\_\_\_

Desempenho	Sempre	Quase sempre	Poucas vezes	Nunca
Participou na atividade do Google Earth.				
Participou na atividade da síntese do especialista.				
Enviou a síntese do especialista aos outros elementos do grupo e esclareceu dúvidas.				
Participou na atividade de tomada de decisão e estruturação dos argumentos.				
Participou na atividade do podcast.				
Participou na atividade de discussão da controvérsia sociocientífica.				
Respeitou a opinião dos colegas.				
Ajudou a resolver problemas.				

[Repetição da secção Heteroavaliação- Exercício de tomada de decisão 1]